



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES
RELACIONES AGUA-CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN
EBULLICIÓN"**

PRESENTADO POR:

Bach. QUISPE PAYE, DAVID

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2017



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES
RELACIONES AGUA-CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN
EBULLICIÓN"

PRESENTADO POR:

BACH. QUISPE PAYE, DAVID

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE


MGTR. ING. ORLANDO EDILBERTO LA TORRE BARRA

PRIMER MIEMBRO


ING. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

SEGUNDO MIEMBRO


ING. HERNAN ALMONTE PILCO

JULIACA – PERÚ

2017



Néstor Cáceres Velásquez

RESOLUCIÓN DECANAL N° 322-2017-D-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de octubre de 2017.

VISTOS:

El Informe N° 160-2017-D-EPIC-FICP-UANCV-J, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, el Informe N° 045-2017/MQH-EPIC/UANCV del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL N° 297-2016-D-FICP-UANCV, y con el acta de calificación de Perfil de tesis de fecha 21 de diciembre de 2016, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 26 de setiembre de 2017, para optar al Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el tema titulado: **"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"**.

CONSIDERANDO:

Que, el(los) Bachiller(es): **QUISPE PAYE, DAVID**, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: **"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"**.

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

| | | |
|---------------|---|---|
| * Presidente | : | Mgtr. Ing. ORLANDO EDILBERTO LA TORRE BARRA |
| * 1er Miembro | : | Ing. WILFREDO DAVID SUPO PACORI |
| * 2do Miembro | : | Ing. HERNAN ALMONTE PILCO |

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: **"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"**.

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen la originalidad del trabajo de investigación titulado **"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"**.

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el TRABAJO DE TESIS, de el(los) Bachiller(es): **QUISPE PAYE, DAVID**, para optar al Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **"ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"**.

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c:
Interesado
Arch.

ATZB/epi.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Mg. Ing. ALFREDO ZEGARRA BUTRÓN
DECANO
CIP: 32590



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Ing. Carlos A. Cáceres Vargas
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CIP: 72725



Dedicatoria

A mis padres, por el apoyo moral y económico permanente, para la elaboración de esta investigación. A mis hermanos, Henry y Rony Franco, por ser personas incondicionales.



Agradecimiento

A Dios por su gracia; a mis padres, Felipe Quispe Flores y Sembrociana Paye Huanca, por toda la confianza que depositaron en mí; a mis hermanos Henry Quispe Paye y Rony Franco Quispe Paye por su apoyo incondicional. A todas las personas que me apoyaron de forma desinteresada. Sin ellos no se hubiera desarrollado esta investigación.



Índice

| | |
|-----------------------------------|------|
| Dedicatoria..... | I |
| Agradecimiento | II |
| Índice | III |
| Índice De Figuras | VI |
| Índice De Tablas..... | VIII |
| Índice De Panel Fotográfico | X |
| Resumen..... | XII |
| Abstract..... | XIII |
| Introducción | XIV |

Capítulo I El Problema De Investigación

| | Pág. |
|--|------|
| 1.1 Descripción Del Problema | 1 |
| 1.2 Definición Del Problema | 2 |
| 1.2.1 Título. | 2 |
| 1.2.2 Planteamiento del problema. | 2 |
| 1.3 Justificación Del Problema | 2 |
| 1.4 Objetivos De La Investigación..... | 3 |
| 1.4.1 Objetivo general. | 3 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.5 Hipótesis..... | 4 |
| 1.5.1 Hipótesis general. | 4 |
| 1.5.2 Hipótesis específicas. | 4 |
| 1.6 Variables E Indicadores | 4 |
| 1.7 Matriz De Consistencia | 6 |

Capítulo II Marco Referencial

| | Pág. |
|---------------------------------------|------|
| 2.1 Antecedentes | 7 |
| 2.1.1 Antecedente internacional. | 7 |
| 2.1.2 Antecedente nacional. | 8 |
| 2.2 Marco Teórico..... | 8 |



| | |
|--|----|
| 2.2.1 Cemento Portland..... | 8 |
| 2.2.2 Mecanismo de hidratación..... | 14 |
| 2.2.3 Los agregados..... | 17 |
| 2.2.4 El agua..... | 27 |
| 2.2.5 Diseño de mezclas..... | 29 |
| 2.2.6 El concreto hidráulico..... | 31 |
| 2.2.7 Curado de probetas de concreto hidráulico..... | 37 |

Capítulo III Implementación Y Metodologías Del Ensayo

| | Pág. |
|---|------|
| 3.1 Implementación Del Tanque De Curado Acelerado | 40 |
| 3.1.1 Tanque de curado acelerado..... | 40 |
| 3.1.2 Implementos y materiales usados para el curado acelerado..... | 47 |
| 3.2 Control De Calidad De Agregados y Cemento; Diseño Y Elaboración De Probetas De Concreto | 48 |
| 3.2.1 Control de calidad del cemento..... | 49 |
| 3.2.2 Control de calidad de agregados..... | 49 |
| 3.2.3 Diseño de mezclas | 60 |
| 3.2.4 Elaboración de probetas de concreto..... | 68 |
| 3.2.5 Revenimiento Del Concreto..... | 71 |
| 3.2.6 Curado De Probetas De Concreto Hidráulico | 73 |
| 3.2.7 Resistencia A La Compresión De Probetas De Concreto Hidráulico | 77 |

Capítulo IV Análisis E Interpretación De Resultados

| | Pág. |
|--|------|
| 4.1 Recolección De Datos | 79 |
| 4.1.1 Recolección de datos de concreto hidráulico con canto rodado..... | 80 |
| 4.1.2 Recolección de datos de concreto hidráulico con piedra chancada..... | 81 |
| 4.2 Análisis De Datos Usando La Norma NTP 339.213 | 82 |
| 4.3 Resultados Y Gráficas..... | 89 |
| 4.3.1 Gráficos de las ecuaciones de regresión..... | 89 |
| 4.3.2 Determinación de la mejor ecuación de regresión..... | 94 |
| 4.3.3 Aplicación de la ecuación y gráfica de predicción..... | 95 |
| 4.4 Contratación De Hipótesis | 98 |
| 4.4.1 Contrastación de hipótesis general..... | 98 |



Capítulo V Conclusiones Y Recomendaciones

| | Pág. |
|---|------|
| 5.1 Conclusiones | 100 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 101 |
| Bibliografía | 103 |
| Anexos | 106 |
| Anexo A. Formato De Operación Del Tanque De Curado Acelerado..... | 107 |
| Anexo B. Panel Fotográfico..... | 109 |
| Anexo C. Control de Calidad de Agregados, Diseño de Mezclas por el Método ACI para concreto de 210 kg/cm ² y Resistencia a la Compresión de Briquetas..... | 120 |



Índice De Figuras

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Esquema de formación e hidratación del cemento Pórtland. | 15 |
| Figura 2. Representación del proceso de hidratación de las partículas de cemento Portland en una pasta maciza a una edad temprana. | 16 |
| Figura 3. Evolución del calor de hidratación en función del tiempo para la pasta de cemento..... | 17 |
| Figura 4. Curva de crecimiento de resistencia a la compresión del concreto hidráulico y la influencia de la humedad. | 36 |
| Figura 5. Tanque de Curado Acelerado | 41 |
| Figura 6. Diseño sugerido para tanque de curado acelerado | 41 |
| Figura 7. Tanque de acero inoxidable mate quirúrgico de 1 mm de espesor | 42 |
| Figura 8. Tapa de acero brillante y Parrilla para soporte de briquetas | 43 |
| Figura 9. Resistencia eléctrica de 2000 watts..... | 43 |
| Figura 10. Funciones del Tablero Electrónico..... | 44 |
| Figura 11. Contactor de 220 V | 44 |
| Figura 12. Sensor electrónico introducido en un tubo de bronce | 45 |
| Figura 13. Caño de hierro galvanizado..... | 45 |
| Figura 14. Guantes de jebe | 47 |
| Figura 15. Lentes de protección | 47 |
| Figura 16. Canastillas de alambre galvanizado | 48 |
| Figura 17. Placas rígidas para cubrir las briquetas | 48 |
| Figura 18. Cantera de agregado natural (canto rodado), Isla..... | 49 |
| Figura 19. Cantera de agregado artificial, planta chancadora Surupana, Cabanillas | 49 |
| Figura 20. Curva granulométrica de agregado fino (canto rodado) | 52 |
| Figura 21. Curva granulométrica de agregado grueso (canto rodado) | 53 |
| Figura 22. Curva granulométrica de agregado fino (canto rodado) | 57 |
| Figura 23. Curva granulométrica de agregado grueso (piedra chancada) | 58 |
| Figura 24. Mezclado de concreto de forma manual | 68 |
| Figura 25. Moldes de briquetas de 6"x12" | 68 |
| Figura 26. Moldeo y acabado de briquetas..... | 69 |
| Figura 27. Briquetas cubiertas con bolsas para evitar pérdida de humedad..... | 69 |



| | |
|--|----|
| Figura 28. Dimensiones de molde para el ensayo de asentamiento | 71 |
| Figura 29. Varillado de concreto para el control de asentamiento | 72 |
| Figura 30. Control de asentamiento (3" a 4") | 72 |
| Figura 31. Etiquetado de probetas de concreto..... | 73 |
| Figura 32. Curado estándar de briquetas | 74 |
| Figura 33. Secado de briquetas..... | 74 |
| Figura 34. Calentado de agua en el Tanque de Curado Acelerado..... | 75 |
| Figura 35. Moldes cubiertos con placas rígidas | 75 |
| Figura 36. Introducción de moldes en el Tanque de Curado Acelerado | 76 |
| Figura 37. Briquetas sumergidas en el Tanque de Curado Acelerado..... | 76 |
| Figura 38. Extracción de briquetas de Tanque de Curado Acelerado | 77 |
| Figura 39. Enfriado de briqueta, durante 1 hora y 15 minutos..... | 77 |
| Figura 40. Ensayo de resistencia a la compresión en proceso | 78 |
| Figura 41. Gráfica de regresión exponencial para concreto con canto rodado..... | 90 |
| Figura 42. Gráfica de regresión lineal para concreto con canto rodado | 90 |
| Figura 43. Gráfica de regresión logarítmica para concreto con canto rodado..... | 91 |
| Figura 44. Gráfica de regresión potencial para concreto con canto rodado | 91 |
| Figura 45. Gráfica de regresión exponencial para concreto con piedra chancada | 92 |
| Figura 46. Gráfica de regresión lineal para concreto con piedra chancada | 92 |
| Figura 47. Gráfica de regresión logarítmica para concreto con piedra chancada | 93 |
| Figura 48. Gráfica de regresión potencial para concreto con piedra chancada | 93 |
| Figura 49. Mejor gráfica de regresión seleccionada para concreto con canto rodado con límites de confianza de 90% | 94 |
| Figura 50. Mejor gráfica de regresión seleccionada para piedra chancada con límites de confianza de 90%..... | 95 |
| Figura 51. Corroboración de gráfica de regresión seleccionada para concreto con canto rodado con límites de confianza 90% | 96 |
| Figura 52. Corroboración de gráfica de regresión seleccionada para concreto con piedra chancada con límites de confianza 90% | 97 |



Índice De Tablas

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1 Límites de composición aproximados para el cemento Portland | 9 |
| Tabla 2 Composición química del cemento Portland | 12 |
| Tabla 3 Límites granulométricos para los agregados fino | 22 |
| Tabla 4 Límites granulométricos para los agregados gruesos | 23 |
| Tabla 5 Influencia de algunos factores en la trabajabilidad y resistencia del hormigón. | 30 |
| Tabla 6 Métodos de curado rápido, según NTP 339.213 | 38 |
| Tabla 7 Lista de materiales e insumos para la implementación del Tanque de Curado Acelerado | 46 |
| Tabla 8 Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad de agregado fino (canto rodado) | 50 |
| Tabla 9 Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad de agregado grueso (canto rodado) | 50 |
| Tabla 10 Peso unitario suelto del agregado fino, canto rodado | 50 |
| Tabla 11 Peso unitario compactado de agregado fino, canto rodado | 51 |
| Tabla 12 Peso unitario suelto del agregado grueso, canto rodado | 51 |
| Tabla 13 Peso unitario compactado del agregado grueso, canto rodado | 51 |
| Tabla 14 Granulometría de agregado fino (canto rodado) | 52 |
| Tabla 15 Granulometría de agregado grueso (canto rodado) | 53 |
| Tabla 16 Peso de agregado grueso (canto rodado) para ensayo de abrasión | 54 |
| Tabla 17 Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad, de agregado fino (canto rodado) | 55 |
| Tabla 18 Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad, de agregado grueso (piedra chancada) | 55 |
| Tabla 19 Peso unitario suelto del agregado fino, canto rodado | 56 |
| Tabla 20 Peso unitario varillado del agregado fino, canto rodado | 56 |
| Tabla 21 Peso unitario suelto del agregado grueso, piedra chancada | 56 |
| Tabla 22 Peso unitario varillado del agregado grueso, piedra chancada | 56 |
| Tabla 23 Datos de granulometría de agregado fino (canto rodado) | 57 |
| Tabla 24 Datos de granulometría de agregado grueso (piedra chancada) | 58 |
| Tabla 25 Peso de agregado grueso (canto rodado) para ensayo de abrasión | 59 |
| Tabla 26 Valores para determinar resistencia a la compresión promedio | 61 |



| | |
|--|----|
| Tabla 27 Resultados de ensayos en laboratorio de agregados | 61 |
| Tabla 28 Cantidades aproximadas de agua para diferentes Slump, cantidades de agua | 61 |
| Tabla 29 Relación agua-cemento vs f'cr (sin aire) | 62 |
| Tabla 30 Volumen del agregado grueso por unidad de volumen | 62 |
| Tabla 31 Dosificación en seco, para concreto 210 kg/cm ² (Método ACI) | 63 |
| Tabla 32 Resultados de ensayos en laboratorio de agregados | 64 |
| Tabla 33 Dosificación en seco, para concreto 210 kg/cm ² (Método Fuller) | 66 |
| Tabla 34 Dosificación para diseño con agregado natural (canto rodado), Método de diseño ACI | 66 |
| Tabla 35 Dosificación para diseño con agregado artificial (piedra chancada), Método de diseño ACI..... | 67 |
| Tabla 36 Dosificación para diseño con agregado artificial (piedra chancada), Método de diseño Fuller | 67 |
| Tabla 37 Programa de trabajo típico semanal | 70 |
| Tabla 38 Relación agua-cemento usadas y resistencias estimadas por el Método ACI y Fuller..... | 79 |
| Tabla 39 Resistencia a la compresión de briquetas con agregado natural (canto rodado) .. | 80 |
| Tabla 40 Resistencia a la compresión de briquetas con agregado artificial (piedra chancada) | 81 |
| Tabla 41 Promedio de resistencia a compresión de concreto con agregado natural (canto rodado)..... | 82 |
| Tabla 42 Promedio de resistencias a compresión de concreto con agregado artificial (piedra chancada)..... | 83 |
| Tabla 43 Valores para determinar la ecuación de correlación lineal para canto rodado | 85 |
| Tabla 44 Valores para determinar la ecuación de correlación lineal para piedra chancada .. | 85 |
| Tabla 45 Valores de F de la distribución F de Fisher | 88 |
| Tabla 46 Valores de intervalo de confianza de 90%, para concreto con canto rodado | 89 |
| Tabla 47 Valores de intervalo de confianza al 90%, para concreto con piedra chancada... | 89 |



Índice De Panel Fotográfico

| | Pág. |
|---|------|
| Fotografía 1. Toma de muestras de agregado natural, cantera Isla | 110 |
| Fotografía 2. Toma de muestras de agregado artificial, Planta chancadora Surupana, Cabanillas | 110 |
| Fotografía 3. Ensayos de laboratorio, peso específico de agregado fino | 110 |
| Fotografía 4. Ensayos de laboratorio, granulometría de agregado fino..... | 111 |
| Fotografía 5. Ensayos de laboratorio, peso específico | 111 |
| Fotografía 6. Ensayos de laboratorio, peso unitario de agregado fino | 111 |
| Fotografía 7. Lavado de agregado grueso (piedra chancada), en la malla N° 4..... | 112 |
| Fotografía 8. Secado de agregado grueso (piedra chancada), despues del lavado | 112 |
| Fotografía 9. Secado de agregado fino | 112 |
| Fotografía 10. Proceso de fabricación del Tanque de Curado Acelerado | 113 |
| Fotografía 11. Cableado de las resistencias eléctricas de 2000 watts | 113 |
| Fotografía 12. Armado del panel de control del Tanque de Curado Acelerado..... | 113 |
| Fotografía 13. Soldado de Tanque de Curado Acelerado..... | 114 |
| Fotografía 14. Área de trabajo, moldeado de briquetas..... | 114 |
| Fotografía 15. Mezclado de agregado grueso, agregado fino y cemento | 114 |
| Fotografía 16. Control de asentamiento (Slum) del concreto hidráulico | 115 |
| Fotografía 17. Elaboración de briquetas..... | 115 |
| Fotografía 18. Fraguado de briquetas | 115 |
| Fotografía 19. Cuidado inicial de briquetas durante fraguado, evitar perdida de humedad | 116 |
| Fotografía 20. Canastillas de alambre, protección de briquetas para curado acelerado | 116 |
| Fotografía 21. Briquetas y Tanque de Curado Acelerado, antes del curado acelerado..... | 116 |
| Fotografía 22. Control del nivel del agua después del curado acelerado | 117 |
| Fotografía 23. Evaporación del agua durante la extracción de briquetas | 117 |
| Fotografía 24. Evaporación del agua durante el desmoldado..... | 117 |
| Fotografía 25. Enfriado de briqueta..... | 118 |
| Fotografía 26. Etiquetado de briqueta | 118 |
| Fotografía 27. Curado estándar de briquetas en poza de curado | 118 |
| Fotografía 28. Toma de medidas de briqueta con bernier | 119 |



| | |
|--|-----|
| Fotografía 29. Control de temperatura de briqueta, previo al ensayo de resistencia a la compresión | 119 |
| Fotografía 30. Ensayo de resistencia a la compresión con prensa hidráulica..... | 119 |





Resumen

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de aplicar la Norma Técnica Peruana 339.213, para acelerar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico, donde se empleará agua a temperatura de ebullición para diferentes diseños de concreto, variando las relaciones agua-cemento. Esta investigación se titula "Aceleración de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento con empleo de agua en ebullición".

Se plantea como objetivo general acelerar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento empleando agua en ebullición; asimismo analizar y determinar el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado estándar; y también explicar la elaboración, diseño, implementación y costos de un tanque de curado acelerado, que se usó para el curado acelerado de probetas de concreto hidráulico.

Al final de esta investigación se concluyó que la NTP 339.213 es idónea para determinar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico a la edad de 28.5 horas; la implementación del Tanque de Curado Acelerado se hizo de forma favorable en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez; y por último se determinaron las ecuaciones de regresión para el concreto con agregado natural ($Y = 0.2659 * X^{1.377}$, ecuación de regresión logarítmica) y para el concreto con piedra chancada ($Y = 102.86e^{0.0063x}$, ecuación de regresión exponencial), el agregado natural es procedente de la cantera Isla y el agregado artificial de la planta chancadora Surupana (Cabanillas).

Palabras Clave: Curado Acelerado, Relación agua-cemento, Mezcla de concreto, Resistencia a la compresión.



Abstract

The present research work has the purpose of applying Norma Técnica Peruana 339.213, to accelerate the compressive strength of hydraulic concrete, where water at boiling temperature will be used for different concrete designs, varying water-cement ratios. This research is entitled "Acceleration of the evolution of the compressive strength of hydraulic concrete in different water-cement ratios with the use of boiling water".

The general objective is to accelerate the compressive strength of hydraulic concrete in different water-cement ratios using boiling water; also analyze and determine the correlation coefficient between accelerated curing and standard curing; and also explain the elaboration, design, implementation and costs of an accelerated curing tank, which was used for the accelerated curing of hydraulic concrete specimens.

At the end of this investigation it was concluded that NTP 339.213 is suitable to determine the compressive strength of hydraulic concrete at the age of 28.5 hours; the implementation of the Accelerated Curing Tank was done favorably in the Laboratory of Soil, Concrete and Asphalt Mechanics of the Andina Néstor Cáceres Velásquez University; and finally, the regression equations were determined for the concrete with natural aggregate ($Y = 0.2659 * X^{1.377}$, logarithmic regression equation) and for the concrete with crushed stone ($Y = 102.86e^{0.0063x}$, exponential regression equation), The natural aggregate comes from the Isla quarry and the artificial aggregate from the Surupana crushing plant (Cabanillas).

Key words: Accelerated curing, water-cement ratio, concrete mixture, compression resistance.



Introducción

La resistencia a la compresión del concreto hidráulico es un índice importante que representa la calidad del concreto, debiendo controlarse a los 7, 14 y 28 días, que resulta inadecuada en muchas ocasiones, por lo tanto es una ventaja que el usuario pueda conocer esta propiedad tan pronto como sea posible. Entonces en esta investigación la resistencia a la compresión del concreto hidráulico se obtiene a los 28.5 horas, mediante el curado acelerado usando el agua hervida; el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado acelerado se aproxima a 0.95, y se expone la implementación de un equipo denominado Tanque de Curado Acelerado que permite obtener resultados más eficientes para acelerar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto hidráulico, usando el agua hervida.

En este trabajo de investigación se usará la NTP 339.213 denominado "Método de ensayo normalizado para la elaboración, curado acelerado y ensayo en compresión de especímenes de concreto".

En el **Capítulo I** de esta investigación se desarrolla todo lo que respecta a **El problema de investigación**; en el **Capítulo II** se manifiesta el **Marco Referencial**; seguidamente en el **Capítulo III**, la **Implementación y Metodologías del Ensayo**, donde se detalla el proceso de implementación del equipo usado para el curado acelerado de las probetas de concreto hidráulico y también se explica las metodologías usadas para el curado acelerado; **Análisis e Interpretación de Resultados** en el **Capítulo IV**, en el que se analiza e interpreta los resultados usando la NTP 339.213 y finalmente se concluye con el **Capítulo V** donde se presentan las **Conclusiones y Recomendaciones**.

Capítulo I

El Problema De Investigación

1.1 Descripción Del Problema

La resistencia a la compresión de una probeta o testigo de concreto hidráulico es una de las propiedades más importantes, también es un índice de su calidad y en la mayoría de los casos es el criterio general de aceptación. Es una ventaja que el usuario pueda conocer esta propiedad tan pronto como sea posible, en lugar de la costumbre de ensayos a las edades de 7, 14 y de 28 días, que resulta inadecuada en muchas ocasiones por los días de espera. En esta investigación se planea conocer la resistencia del concreto a las 28 horas con 30 minutos aproximadamente, ello facilitará al usuario obtener resultados de la resistencia a la compresión de especímenes de concreto con una confiabilidad de un 90% y en menor tiempo.

Se espera que este proyecto de investigación pueda quitar algunas limitaciones que impiden aplicar la norma NTP 339.213 en nuestra región. Se aplicará esta norma técnica peruana porque se tiene cierto desconocimiento acerca de ello, considerando que ya fue aprobada en el año 2007 y en el 2015 fue reanudada su vigencia, también se considera una limitación la falta de equipo, para desarrollar los curados acelerados. Para eliminar dichas restricciones se hará la adquisición de esta norma, para su aplicación; y además se

implementará el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, con un Tanque de Curado Acelerado, equipo usado para realizar curados rápidos por el método del agua tibia y el método del agua hervida (Método del agua tibia y Método del agua hervida: son métodos de curado acelerado que están establecidos en la norma NTP 339.213).

1.2 Definición Del Problema

1.2.1 Título.

“Aceleración de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento con empleo de agua en ebullición”.

1.2.2 Planteamiento del problema.

1.2.2.1 Interrogante principal.

¿Cómo acelerar la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento con empleo de agua en ebullición?

1.2.2.2 Interrogantes específicas.

1. ¿En cuánto tiempo se alcanzará a la resistencia a la compresión de las probetas de concreto mediante el curado acelerado usando el agua hervida?
2. ¿Cuál es el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado estándar?
3. ¿En qué medida se podrá implementar para el curado acelerado usando el agua hervida?

1.3 Justificación Del Problema

El presente proyecto de investigación pretende desplegar de forma sencilla la

“Aceleración de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento con empleo de agua en ebullición”. Se aplicará la norma NTP 339.213 que permite predecir la resistencia a la compresión de especímenes de concreto hidráulico; también se busca explicar la implementación, diseño y costos, de un Tanque de Curado Acelerado de probetas de concreto hidráulico, acorde a la norma técnica peruana, dicho equipo facilitará la obtención de resistencias a edades tempranas.

Este trabajo nos permitirá estimar la resistencias a la compresión de testigos de concreto para diferentes relaciones agua-cemento, donde se empleará agregados naturales (canto rodado) y agregados artificiales (piedra chancada) procedentes de las cantera Isla de la ciudad de Juliaca y la planta chancadora Surupana del distrito de Cabanillas, previo para al uso de ambos agregados se hará el control de calidad.

1.4 Objetivos De La Investigación

1.4.1 Objetivo general.

Acelerar la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en diferentes relaciones agua-cemento con empleo de agua en ebullición.

1.4.2 Objetivos específicos.

1. Determinar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto a una edad temprana mediante el curado acelerado usando el agua hervida.
2. Analizar y determinar el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado estándar.
3. Elaborar un Tanque de Curado Acelerado para el curado acelerado de probetas de concreto usando el agua hervida.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general.

La evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico se acelera al sumergir en agua a temperatura de ebullición.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. La resistencia a la compresión de las probetas de concreto se obtiene a los 28.5 horas mediante el curado acelerado usando el agua hervida.
2. El coeficiente de correlación entre el curado acelerado y el curado estándar es de 0.95.
3. La implementación del Tanque de Curado Acelerado, permite obtener resultados más eficientes para el curado acelerado de probetas de concretos usando el agua hervida.

1.6 Variables E Indicadores

Variable independiente: Relación agua-cemento.

Indicadores:

- Diseño de mezclas de concreto.
- Resistencia del concreto.

Variable dependiente: Resistencia a la compresión del concreto hidráulico.

Indicadores:

- Elaboración de probetas de concreto.
- Revenimiento del concreto.



- Curado de probetas de concreto.

- ✓ Curado estándar.
- ✓ Curado acelerado.

Variables intervinientes:

- Propiedades físicas del agregado.
- Tiempo de curado.
- Método de diseño.

Indicadores:

Control de calidad del agregado.

- ✓ Humedad Natural.
- ✓ Peso Unitario.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Peso específico.
- ✓ Resistencia al desgaste.



1.7 Matriz De Consistencia

PROYECTO: ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA-CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

AUTOR: BACH. QUISPE PAYE, David

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES | | METODOLOGÍA | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|--|---|--|--|---|--|
| | | | VARIABLES | INDICADORES | | |
| INTERROGANTE PRINCIPAL: ¿Cómo acelerar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico a diferentes relaciones agua-cemento empleando agua en ebullición? | OBJETIVO GENERAL: Acelerar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico empleando agua en ebullición a diferentes relaciones agua-cemento. | HIPÓTESIS GENERAL: La resistencia a la compresión del concreto hidráulico se acelera al emplear agua en ebullición. | VARIABLE INDEPENDIENTE: Relación agua-cemento. | <ul style="list-style-type: none"> Diseño de mezclas de concreto. Resistencia del concreto. | Diseño de la Investigación: Experimental. | Técnica: Formatos de laboratorio para recolección de datos. Instrumentos: <ul style="list-style-type: none"> Ensayo De contenido de Humedad. Ensayo de peso volumétrico. Ensayo de análisis granulométrico. Ensayo de gravedad específica. Resistencia al desgaste. |
| INTERROGANTES ESPECÍFICOS: 1) ¿En cuánto tiempo se alcanzará a la resistencia a la compresión de las probetas de concreto mediante el curado acelerado usando el agua hervida? 2) ¿Cuál es el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado estándar? 3) ¿En qué medida se podrá implementar para el curado acelerado usando el agua hervida? | OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 1) Determinar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto a una edad temprana mediante el curado acelerado usando el agua hervida. 2) Analizar y determinar el coeficiente de correlación entre el curado acelerado y curado estándar. 3) Implementar un Tanque de Curado Acelerado para el curado acelerado de probetas de concreto usando el agua hervida. | HIPÓTESIS ESPECÍFICOS: 1) La resistencia a la compresión de las probetas de concreto se obtiene a los 28.5 horas mediante el curado acelerado usando el agua hervida. 2) El coeficiente de correlación entre el curado acelerado y el curado estándar es de 0.95. 3) La implementación de un Tanque de Curado Acelerado permite obtener resultados más eficientes para el curado acelerado de probetas de concretos usando el agua hervida. | VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión del concreto hidráulico. VARIABLE INTERVINIENTE: <ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas del agregado. Tiempo de curado. Método de diseño. | <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de probetas de concreto. Revenimiento del concreto. Curado de probetas de concreto. <ul style="list-style-type: none"> Curado estándar. Curado acelerado. Resistencia a la compresión. | Muestra: Especímenes de concreto. | <ul style="list-style-type: none"> Diseño del concreto hidráulico. Ensayo de cono de Abrams. Ensayo de resistencia a la compresión. |

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Dentro de la gama de investigaciones realizadas acerca de la aceleración experimental de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico, se encontró antecedentes a nivel nacional e internacional.

2.1.1 Antecedente internacional.

La investigación denominada “**Aplicación del ensayo de curado acelerado en cilindros de hormigón sometidos a compresión simple**”, fue desarrollada en la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, por los investigadores Andrade Pino, Andrés Sebastián y Sono Sánchez, Juan Carlos, en el año 2014, donde exponen el curado acelerado de testigos de concreto usando agua hervida, en recipientes, con fuente de calor por combustión, que les ayudó a obtener resistencias a la compresión acelerados, cuyos valores varían entre el 59% y 72% de la resistencia final de concreto, demostrando que este es ensayo es de gran ayuda. También lograron observar que a mayor relación agua-cemento, el porcentaje de resistencia acelerada, disminuyó, debido a la cantidad de cemento, a mayor a cantidad de cemento el calor de hidratación se acelera el fraguado y el endurecimiento, causando

mejoras en las características del concreto. Determinaron la correlación de resistencias entre el curado acelerado y curado normal ajustando a una recta cuya expresión resultó $Y = 0.8X + 14.3$ " (Andrade Pino & Sono Sánchez, 2014).

2.1.2 Antecedente nacional.

El trabajo de investigación "**Experiencia de implementación en laboratorio de la norma NTP 339.213 para el curado acelerado de probetas de concreto mediante uso de agua hirviendo**", desarrollado en la Universidad De Piura por Alva Cáceres, Ricardo Arturo David; en el año 2013. En esta investigación se expone la experimentación, implementación, diseño, identificación de dificultades y costos, de una máquina de curado acelerado de probetas que cumple con la norma NTP 339.213, determinó además que la aplicación de la norma NTP 339.213 es muy útil y de fácil práctica, ya que permite obtener valores de resistencia casi instantáneamente. El costo total para la elaboración de la máquina de curado acelerado asciende a \$.703.90 dólares. La ecuación de regresión que determinó en esta investigación es $Y = 1.1838X - 105.62$ " (Alva Cáceres, 2013).

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Cemento portland.

El cemento Portland es un "Clinker finamente molido, producido por la cocción a temperaturas elevadas. Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otras materias similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida" (Abanato Castillo, s.f).

2.2.1.1 Componentes químicos de los cementos.

Los elementos que forman el cemento Portland son especialmente el sílice, óxido de hierro, alúmina y la cal. (**Tabla 1**).

Tabla 1

Límites de composición aproximados para el cemento Portland

| Óxido | Contenido (%) |
|--------------------------------|---------------|
| CaO | 60 – 67 |
| SiO ₂ | 17 – 25 |
| Al ₂ O ₃ | 3 – 8 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,5 – 6,0 |
| MgO | 0,1 – 4,0 |
| Álcalis | 0,2 – 1,3 |
| SO ₃ | 1 – 3 |

Fuente: Tecnología del concreto y mortero G. A. Rivera Pág. 23.

“Estos compuestos interactúan en el horno, para formar una serie de productos más complejos, hasta alcanzar un estado de equilibrio químico, con la excepción de un pequeño residuo de cal no combinada (CaO), que no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar. Sin embargo, el equilibrio no se mantiene durante el enfriamiento, y la velocidad de éste afecta el grado de cristalización y la cantidad de material amorfo, conocido como vidrio, difieren considerablemente de las de compuestos cristalinos de una composición química nominal similar. Otra complicación aparece debido a la interacción de la parte líquida del clinker con los compuestos cristalinos ya presentes” (Rivera López, 1997).

No obstante, se puede considerar que “el cemento se encuentra en un estado de equilibrio congelado, es decir, que los productos congelados reproducen el equilibrio existente durante la temperatura de formación del clinker” (Rivera López, 1997).

Los compuestos químicos que se muestran en la **Tabla 2** constituyen más del 90% del peso total del cemento.

- **Silicato Tricálcico, C3S**, también denominado Alita, es la fase principal en la mayoría de los clinker Portland, y se compone de 73.7% de cal y 26.3% de ácido silícico. Este compuesto presenta cristales poligonales bien formados, con dimensiones que varían según el grado de cristalización, siendo bien desarrollados cuando la cocción ha tenido lugar a temperatura suficientemente elevada y durante bastante tiempo, así como en presencia de una cantidad adecuada de fase líquida.

El silicato tricálcico contribuye de manera muy importante a las resistencias iniciales, siendo su velocidad de hidratación alta, así también desarrolla un alto calor de hidratación, se estima que su calor de hidratación completa en 120 cal/gr.

Experimentalmente se ha comprobado que los concretos elaborados con cementos con mayor porcentaje de silicato tricálcico presentan una mejor acción a los ciclos de hielo y deshielo. Se recomienda su uso en zonas de climas fríos dado su alto calor de hidratación, sin embargo no en construcciones masivas por la baja estabilidad volumétrica que pueden producir.

- **Aluminato Tricálcico, C3A**, el aluminato tricálcico se compone de 62.3% de cal y 37.7% de alúmina. Este compuesto presenta un color oscuro ante el examen microscópico del clinker, después de los álcalis, los aluminatos son los compuestos del cemento que primero reaccionan con el agua. Su fraguado ocurre a una velocidad de hidratación muy alta, hasta el punto de ser casi instantáneo, es por esta razón que la adición de sulfato de calcio se hace necesaria para controlar esta velocidad de hidratación.

El aluminato tricálcico contribuye en las resistencias durante las primeras horas, su calor de hidratación es muy elevado 207 cal/gr.

Tanto la resistencia del concreto a ciclos de hielo y deshielo así como su resistencia al ataque de sulfatos tiende a disminuir conforme se incrementa el contenido de aluminato tricálcico en el cemento. El aluminato tricálcico es muy sensible a la acción de sulfatos y cloruros, debido a la formación de sales del tipo sulfoaluminatos y cloroaluminatos, la formación de estas sales es de carácter expansivo, pudiendo originar agrietamiento y desintegración del concreto. La forma de ataque es por reacción del sulfato de calcio con el hidroaluminato tricálcico resultante de la hidratación del aluminato tricálcico, favoreciendo la formación del llamado bacilo del cemento químicamente sulfoaluminato de calcio hidratado, este compuesto es la causa de las formas más peligrosas de corrosión del concreto. Se recomienda un contenido máximo de aluminato tricálcico es del orden de 7%.

“Los cementos que presenten bajos porcentajes de Silicato Tricálcico (C3A), reaccionan mejor a suelos y aguas con sulfatos” (Rivera López, 1997).

- **Ferroaluminato Tetracálcico, C4AF**, “Está compuesto de 46.1% de cal, 21% de alúmina y 32.9% de óxido de hierro. Denominado también como Celita clara o Ferrito. Este compuesto presenta un calor de hidratación de 100 cal/gr y una alta estabilidad química para la reducción de la temperatura de clinkerización (clinquerización o cocción) durante la fabricación del cemento, los cementos con mayor cantidad de este compuesto tienen condiciones de empleo específicas en aquellos casos en que se priorice más la durabilidad frente a los agresivos químicos que las resistencias mecánicas” (Leandro Espinoza, 2010)

Este compuesto contribuye muy poco para la resistencia. La mayoría de los efectos de color para la producción del cemento gris se deben al C4F y sus hidratos.

- **Silicato Dicálcico**, también denominado **Benta**, es la segunda fase en importancia en el clinker, y se compone de 65.1% de cal y 34.9% de ácido silícico. Este compuesto presenta cristales relativamente anchos, de contornos redondeados y tamaño variable.

“El silicato bicálcico tiene una lenta velocidad de hidratación y desarrollo de calor bajo, 62 cal/gr, dada su lenta velocidad de endurecimiento, la contribución del silicato bicálcico a las resistencias iniciales es muy pequeña, siendo su efecto posterior la fuente principal de resistencia. Su estabilidad química es bastante buena, por lo que el uso de cementos con alto contenido de silicato bicálcico para producir concretos resistentes al ataque de sulfatos es muy recomendable.” (Leandro Espinoza, 2010)

“Sin la presencia del sulfato, el fraguado del cemento sería apresurado. Por lo tanto el sulfato juega un papel importante en el control del fraguado y del desarrollo de resistencia, también ayuda a controlar la contracción (retracción) por secado y puede influenciar la resistencia hasta los 28 días de la edad del concreto” (Lerch, 1946).

Tabla 2*Composición química del cemento Portland*

| Nombre de Compuesto | Formula | Notación Abreviada |
|-----------------------------|---|--------------------|
| Silicato Dicálcico | $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ | C2S |
| Silicato Tricálcico | $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ | C3S |
| Aluminato Tricálcico | $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ | C3A |
| Aluminio Ferrita Tricálcico | $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ | C4AF |

Fuente: Neville, 2011.

Adicionalmente a los compuestos mencionados en la **Tabla 2**, “existen compuestos menores: Oxido de magnesio (MgO), Oxido de Manganeso, Titanio (Mn_2O_3 , TiO_2), Oxido de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2O), que habitualmente no exceden de un pequeño proporción de la masa del cemento. Dos de los elementos pequeños son particularmente especiales: El óxido de Potasio y Sodio, Na_2O y K_2O , también conocidos como "álcalis".

Se observó que estos elementos reaccionan con algunos agregados y que producto de esa reacción ocasionan un deterioro del concreto, además de afectar la rapidez con que el cemento adquiere resistencia” (Rivera López, 1997).

2.2.1.2 Propiedades físicas de los cementos.

- a) **Fineza:** La importancia de la fineza en el cemento es que a mayor finura el cemento, este desarrolla mayor resistencia, pero genera más calor; esto es debido principalmente a que las partículas gruesas pueden tardar varios años en hidratarse, e inclusive no llegar a hidratarse completamente, mientras que, cuanto más fino sea el cemento, mayor será la cantidad de material que se hidrata, ya que la superficie total en contacto con el agua es mucho más grande. Cuando el mayor porcentaje de la masa total del cemento se hidrate, ésta masa reacciona, logrando un desarrollo más alto de resistencia, pero como desprende calor al realizar este proceso, también será mayor la cantidad de calor desprendido.
- b) **Fraguado:** Describe la rigidez de la pasta del cemento. En términos generales el fraguado se refiere a un cambio del estado fluido al estado rígido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al incremento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

El proceso de fraguado va acompañado de cambios de temperatura en la pasta del cemento: el fraguado inicial corresponde a un rápido aumento en temperatura y el final, al máximo de temperatura. En este momento también se produce una fuerte caída en la conductividad eléctrica, por lo que se han realizado algunos intentos de medir el fraguado por medios eléctricos.

- c) **Estabilidad volumétrica.** Es importante que la pasta de cemento una vez fraguada, no sufra un gran cambio en volumen en particular no debe de haber una expansión apreciable, la cual, bajo condiciones de esfuerzo, podría ocasionar un rompimiento de la pasta de cemento endurecida. Tal expansión puede tener lugar debido a una hidratación retardada o lenta o a otra reacción de algún compuesto presente en el cemento endurecido, particularmente CaO , MgO o CaSO_4 (yeso).
- d) **Resistencia del cemento:** Es la característica del cemento que probablemente resulte más obvia en cuanto a los requisitos de usos estructurales. Por lo tanto no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén indicadas en todas las especificaciones del cemento.

Al principio, el desarrollo de la resistencia del cemento es mayor, y posteriormente el endurecimiento tiende a disminuir gradualmente en el tiempo. A los 28 días de edad del cemento se considera como el 100% de la resistencia del cemento. La fineza del cemento es un factor muy importante en la resistencia del cemento, asimismo el grado de hidratación y la composición química; también el contenido de agua de la pasta.

2.2.2 Mecanismo de hidratación.

Las partículas de cemento Portland se convierte en agentes de enlace, al producirse la mezcla de la pasta de cemento y el agua, formada por las reacciones químicas comprometidas en la formación de compuestos. Los silicatos y aluminatos una vez que presencian el agua forman productos de hidratación, los cuales, con el paso del tiempo, originan una masa firme y dura que se conoce como pasta de cemento endurecida. En la **Figura 1** se muestra el esquema del proceso de formación e hidratación del cemento Portland.

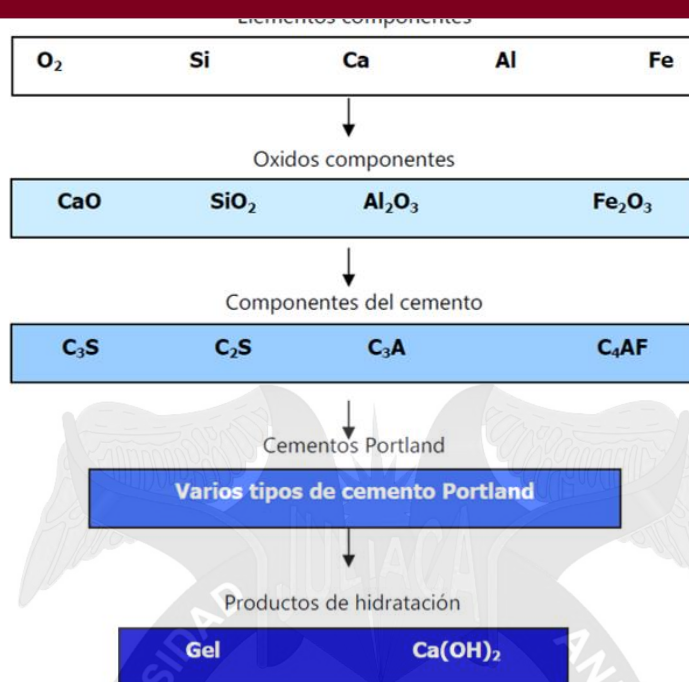


Figura 1. Esquema de formación e hidratación del cemento Pórtland.

Fuente: Barriga, 2007.

“El proceso de hidratación empieza en las partículas de cemento después de estar en contacto con el agua en la superficie de las partículas de cemento, un comportamiento equivalente a la corrosión de un metal. Con el tiempo, esta superficie de reacción se desplaza paulatinamente más al interior de las partículas del cemento. Al entrar en contacto con la parte no hidratada de las partículas el agua reacciona con esta y disuelve una porción. Esta mezcla supersaturada sale del área de reacción hacia los poros más grandes (capilares), a través de los muy pequeños poros denominados gel, de la malla de sólidos formada primariamente por los efectos de la hidratación. Estas nuevas mezclas de la hidratación precipitan en la solución en el aire o en los poros llenos de agua que son lo suficientemente largos para permitir la nucleación de una nueva fase sólida y formar una superficie floculante. Las partículas hidratadas pueden ser categorizadas como interior y exterior, siendo el interior una estructura más densa que la exterior, a pesar de que su composición es casi la misma” (Barriga, 2007), ver **Figura 2**.

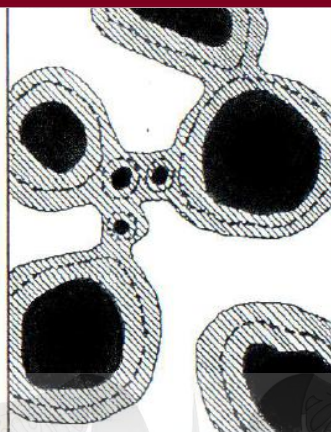


Figura 2. Representación del proceso de hidratación de las partículas de cemento Portland en una pasta maciza a una edad temprana. Las líneas entrecortadas simbolizan la superficie inicial de las partículas, el área sombreada los productos de la hidratación, y las áreas negras la porción no hidratada de las partículas; los espacios en blanco, los poros capilares saturados con agua.

Fuente: Barriga, 2007.

Cualquiera que sea la forma de precipitación de los productos de la hidratación, la velocidad de hidratación disminuye continuamente, de modo que, aun después de transcurrido mucho tiempo, permanece una buena cantidad de cemento deshidratado.

2.2.2.1 Calor de hidratación.

Es una “reacción producida entre el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende, principalmente, de la combinación química del cemento, siendo el Silicato Tricálcico (C3S) y Aluminato Tricálcico (C3A) los compuestos más trascendentales para la evolución del calor. Otros factores que intervienen; relación agua-cemento, finura del cemento y temperatura de curado. El incremento del contenido de cemento, de la finura y de la temperatura de curado, aumenta el calor de hidratación. A pesar del cemento portland poder liberar calor por muchos años, la tasa de generación de calor es mayor en las edades tempranas como se muestra en la **Figura 3**. Se genera una gran cantidad de calor en los tres primeros días, con la mayor tasa de liberación de calor normalmente ocurriendo a lo largo de las primeras 24 horas” (Copeland, L. E., Kantro, D. L., 1960)

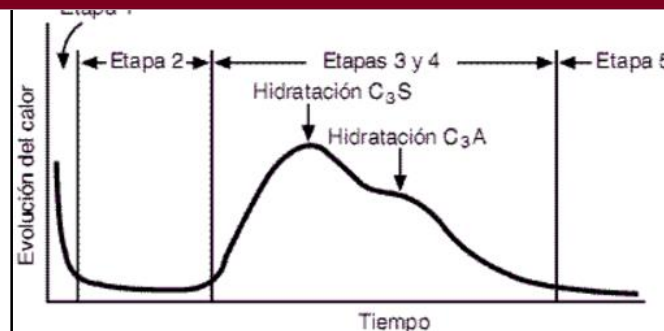


Figura 3. Evolución del calor de hidratación en función del tiempo para la pasta de cemento.

Fuente: Lerch, 1946

“La etapa 1 es el calor de humedecimiento o de la hidrólisis inicial (hidratación del C_3A y del C_3S). La etapa 2 es el periodo de latencia relacionado al tiempo de fraguado inicial. La etapa 3 es una reacción acelerada de los productos de hidratación que determina la tasa de endurecimiento y el tiempo de fraguado final. En la etapa 4 hay una desaceleración de la formación de los productos de hidratación y determina la tasa de aumento de resistencia inicial. La etapa 5 es lenta, caracterizada por la formación estable de productos de hidratación, estabilizando la tasa de aumento de resistencia a edades avanzadas. El primer pico se da a los 7 min, el segundo pico entre 6 y 12 horas y el tercer pico entre 12 y 90 horas” (Lerch, 1946).

2.2.3 Los agregados.

También denominados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, podrían ser naturales o artificiales, que una vez mezclados con el cemento Portland y en presencia de agua, forman un todo compacto (piedra artificial), denominado comúnmente como mortero o concreto.

Se pueden considerar como “agregados de las mezclas de mortero o concreto, todos los materiales que tengan una resistencia adecuada (resistencia del agregado), así mismo no debe perturbar ni afectar desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas

y deberán garantizar una adherencia con la pasta endurecida del cemento Portland. Generalmente, la mayoría de los agregados son materiales inertes, es decir, que no involucran ningún tipo de reacciones con los demás elementos de las mezclas, fundamentalmente con el cemento; no obstante, existen algunos agregados cuyos fragmentos más finos presentan actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, así como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, también los materiales de procedencia volcánica en donde hay sílice activo, entre otros” (Rivera López, 1997).

Sin embargo hay agregados, que poseen elementos nocivos o en otros casos inconvenientes que reaccionan perturbando la estructura interna del concreto y su durabilidad, por ejemplo, los que tienen partículas sulfuradas, los que contienen elementos pulverulentos más finos o aquellas que se encuentran en desintegración latente como algunas pizarras.

2.2.3.1 Clasificación de agregados para el concreto hidráulico.

Los agregados para la elaboración del concreto se clasifican por su procedencia, por su gradación y por su gradación.

a. **Por su procedencia:** Se clasifican en:

- ✓ **Agregados naturales:** Son aquellos agregados que se formaron por los procesos geológicos que ocurrieron en el planeta durante cientos de años. y son seleccionados, extraídos y procesados para el uso en la elaboración del mortero o concreto.

Este tipo de agregados se usan habitualmente en nuestro país por su extensa disponibilidad tanto en la cantidad y calidad, por lo que se hacen ideales para la producción del concreto hidráulico.

- ✓ **Agregados Artificiales:** Procedentes de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. Dentro de los agregados artificiales se encuentra la piedra chancada, componente usado para concreto de resistencias altas, debido a las angularidades que presenta.

La escoria de altos hornos es otro tipo de agregados que los constituye a los agregados artificiales, asimismo la microsílice, la arcilla horneada, el concreto reciclado, entre otros. Estos materiales pueden usarse de muchas formas, ya que se investiga y desarrollan otros materiales para las aplicaciones en el concreto.

b. Por su gradación.

Distribución volumétrica del agregado, esta propiedad tiene mucha importancia en el concreto, por lo que se estableció procedimientos para determinar la clasificación entre agregado fino (arena) y agregado grueso (piedra), en relación a las partículas gruesas (piedra) y menores de 4.75 mm (Malla N° 4).

c. Por su densidad.

Es la Gravedad específica, vale decir el peso de los agregados entre el volumen del mismo, con respecto a la densidad del agua, normalmente los agregados se clasifican en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con

de > 2.75 . Cada agregado influye de forma particular en el concreto, estableciéndose métodos y técnicas de diseño, y el tipo de uso para cada caso.

2.2.3.2 Propiedades de los agregados.

✓ Propiedades físicas de los agregados.

Las características principales de los agregados son la humedad, porosidad, densidad, resistencia y la granulometría o gradación (distribución volumétrica de sus partículas).

Para determinar estas características se desarrollan una serie de ensayos o pruebas estándar que calculan estas propiedades para concertar con valores de referencia establecidos, y posteriormente empleados en el diseño de concretos.

Es muy importante tener claro los conceptos relativos para evaluar estos requerimientos para las siguientes características físicas de los agregados:

- Humedad.

La humedad representa la cantidad de agua presente en los agregados, es decir es el agua retenida en la superficie de las partículas.

Característica importante que ayuda a incrementar la cantidad de agua de mezcla en el concreto, motivo por el que se debe tener en consideración juntamente con la absorción, para realizar las correcciones adecuadas en la dosificación de los agregados. El contenido de humedad determina por la siguiente formula:

$$W = \frac{w_w}{w_s} * 100 (\%)$$

Donde,

W : Contenido de humedad del agregado en %.

W_w : Peso del agua en gr.

W_s : Peso seco del agregado en gr.

- **Peso unitario.**

El peso unitario del agregado resulta de dividir el peso de los sólidos entre el volumen, considerando los espacios. Una vez considerado los vacíos entre los agregados, este afecta, por la forma en cómo se acomodan las partículas, convirtiéndose en un parámetro hasta cierto punto.

El peso unitario se define como el método estándar para evaluado, en el término de acomodo de los agregados luego de compactarlas en un recipiente o molde metálico, apisonándolas las partículas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El resultado estimado se emplea en los métodos de diseño de mezclas, para obtener las cantidades y también para hacer conversiones de proporciones en peso a proporciones en volumen.

El peso unitario de agregados comunes en nuestro país varía entre 1,500 y 1,700 kg/m³.

- **Granulometría.**

Es una de las propiedades de los agregados donde se estima la distribución de los tamaños de las sólidos que conforman una masa de agregados; la granulometría se calcula mediante el ensayo de análisis granulométrico establecido en la norma NTP 400.037, que implica dividir una muestra representativa del

agregado en fracciones de igual tamaño de partículas, la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría. La NTP 400.037 establece los límites granulométricos, en la **Tabla 3** para agregados gruesos y para los agregados finos en la **Tabla 4**.

Tabla 3*Límites granulométricos para los agregados fino*

| Tamiz estándar (abertura cuadrada) | Porcentaje que pasa |
|--|------------------------|
| 3/8" (9.51 mm) | 100 |
| N° 4 (4.75 mm) | 95 a 100 |
| N° 8 (2.38 mm) | 80 a 100 |
| N° 16 (1.18 mm) | 50 a 85 |
| N° 30 (600 µm) | 25 a 60 |
| N° 50 (300 µm) | 5 a 30 |
| N° 100 (100 µm) | 0 a 10 |

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037



Tabla 4

Límites granulométricos para los agregados gruesos

| HUSO | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | 100 mm (4 pulg.) | 90 mm (3 1/2 pulg.) | 75 mm (3 pulg.) | 63 mm (2 1/2 pulg.) | 50 mm (2 pulg.) | 37,5 mm (1 1/2 pulg.) | 25,0 mm (1 pulg.) | 19,0 mm (3/4 pulg.) | 12,5 mm (1/2 pulg.) | 9,5 mm (3/8 pulg.) | 4,75 mm (No. 4) | 2,36 mm (No. 8) | 1,18 mm (No. 16) | 4,75 µm (No. 50) |
| 1 | 90 mm a 37,5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.) | 100 | 90 a 100 | --- | 25 a 60 | --- | 0 a 15 | --- | 0 a 15 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 63 mm a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.) | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | 50 mm a 25,0 mm (2 a 1 pulg.) | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 357 | 50 mm a 4,75 mm (2 pulg. a No. 4) | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 | --- | 35 a 70 | --- | 0 a 30 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 4 | 37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.) | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 5 | --- | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- |
| 467 | 37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4) | --- | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 | --- | 35 a 70 | --- | 10 a 30 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 5 | 25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.) | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- | --- | --- |
| 56 | 25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.) | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 57 | 25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4) | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 95 a 100 | --- | 25 a 60 | --- | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- |
| 6 | 19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- | --- |
| 67 | 19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | --- | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- |
| 7 | 12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- | --- |
| 8 | 9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- |
| 89 | 9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 35 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | 4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

- Peso específico y absorción.

El peso específico resulta de la división el peso del agregado entre el volumen del mismo sin tomar en cuenta los vacíos. Las normas peruanas NTP 400.021 y NTP 400.022 estipulan un procedimiento estandarizado para su cálculo en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. El peso específico para agregados normales varía entre 2.5 y 2.75.

- Fórmula de Peso específico:

$$Pe = \frac{B}{Wc + B + W}$$

- Fórmula de Porcentaje de absorción:

$$Absorción = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

Peso de agregado secada al horno: A

Peso de agregado saturada seca (SSS): B

Peso del picnómetro + peso de agua: Wc

Peso del picnómetro + muestra + agua: W

✓ **Propiedades mecánicas de los agregados.**

- **Resistencia:**

Los factores que influyen en la resistencia de las partículas de los agregados son la composición, textura y estructura, por esta razón la resistencia del concreto no puede ser mayor que el del agregado usado; si las partículas no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al desgaste o compresión del sólido deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

- Tenacidad:

Es una de las características que está relacionado con la resistencia al impacto del agregado. Dependiendo directamente de la angularidad, textura y flexión de las partículas.

- Dureza:

Es una de las propiedades de los agregados mecánicos que se define como dureza de las partículas a la resistencia a la abrasión, erosión o en general al desgaste. La dureza de los agregados depende de sus componentes. Entre las piedras a utilizar en concretos hidráulicos éstas deben ser resistentes a procesos de erosión o abrasión y pueden ser la cuarcita, el cuarzo, las rocas silicosas y las rocas densas de origen volcánico.

La norma peruana NTP 400.019 establece “métodos para determinar la resistencia al desgaste o degradación de los agregados gruesos de tamaños menores a 1 ½”, utilizando la máquina de Los Ángeles”.

- Módulo de elasticidad:

El módulo elástico no es muy común su estudio en los agregados, no obstante el concreto sufrirá distorsiones por lo que es necesario conocer que las partículas de agregados poseen elasticidades de acuerdo al tipo de concreto. El módulo de elasticidad también influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse. Se define el módulo elástico como el cambio de esfuerzos con relación a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia de las partículas a las deformaciones.

✓ Características morfológicas y geométricas.

La textura y la forma de las partículas intervienen considerablemente en las propiedades del concreto hidráulico. De la misma forma existe un efecto de amarre mecánico que resulta favorable en relación con la forma, el tamaño, la textura superficial y el acomodo entre las partículas. Así mismo se originan fenómenos de adherencia entre los agregados y la pasta de cemento, restringidos por dichos factores, que influyen en la durabilidad y comportamiento resistente del concreto.

a. Forma.

Naturalmente las partículas de los agregados tienen una forma irregularmente geométrica compuesta por combinaciones aleatorias de angularidades y caras redondeadas. Bryan Mather, determinó que “la forma de los agregados está dado por la angularidad o redondez y la esfericidad, estos parámetros respectivamente independientes”.

La angularidad o redondez puede definirse la división del radio de curvatura promedio de los bordes del agregado entre el radio del máximo círculo inscrito. En términos descriptivos, la forma de los agregados se define en:

- ✓ Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- ✓ Subredondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- ✓ Redondeada: Bordes casi eliminados.
- ✓ Muy redondeada: Sin caras ni bordes.
- ✓ Subangular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.

b. Textura.

“Propiedad que representa qué tan rugosa o lisa son las superficies de los agregados. Es una cualidad sujeta a la absorción, pues las partículas muy rugosas tienen mayor absorción que los lisos, además que producen concretos menos plásticos pues se incrementa la fricción entre los agregados dificultando el desplazamiento de la mezcla” (Pasquel Carvajal, 2000).

2.2.4 El agua.**2.2.4.1 El agua para el concreto.**

Pasquel Carvajal define que “el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto”.

Complementariamente, “al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento puede observarse como incrementando agua adicional mediante el curado se provoca hidratación adicional del cemento, en seguida esta agua debe cumplir además algunas condiciones para lograr emplearse en el concreto” (Pasquel Carvajal, 2000).

En el concreto el agua de mezcla tiene tres funciones principales:

- ✓ En principio el de reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- ✓ Actuar como lubricante para ayudar a la trabajabilidad del conjunto.
- ✓ Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desenvolverse.

Consecuentemente, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es

regularmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla se encuentra en las impurezas y la cantidad de éstas, que provocan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Una regla práctica que sirve para estimar si el agua usada sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer si es apto para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

Como dato interesante, es evidente que en nuestro país muy pocas "aguas potables" cumplen con las condiciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de implantar especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

No consta un patrón contundente en cuanto a las limitaciones en composición química que debe poseer el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

2.2.4.2 El agua para curado.

Las condiciones exigidas para el agua de mezcla deben ser cumplidas por las aguas para el curado, de la misma forma en las obras es habitual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto.

1. El agua de lavado puede superar los límites de cloruros y sulfatos si se demuestra que la concentración calculada en el agua de mezcla total incluyendo el agua de mezcla en los agregados y otras fuentes, no excede los límites señalados.

2. Para proyectos en que se consiente el empleo de cloruro de calcio como acelerante, los límites de cloruros pueden ser obviados por el constructor.

Otro factor que interviene en esta consideración es que “el agua de curado permanece relativamente poco tiempo en contacto con el concreto, pues en la mayoría de especificaciones el tiempo máximo exigido para el curado con agua no supera los 14 días. Una precaución en relación al curado con agua en obra empleando el método usual de las "arroceras", es decir creando estancamiento de agua colocando arena o tierra en los bordes del elemento horizontal, consiste en que hay que asegurarse que estos materiales no tengan contaminaciones importantes de sales agresivas como cloruros o sulfatos, que entrarían en solución y podrían ocasionar efectos locales perjudiciales, si por falta de precaución o descuido permanecen en contacto con el concreto durante mucho tiempo”.

2.2.5 Diseño de mezclas.

“El concreto se compone esencialmente de cemento, agregados y agua. Tiene además aire, ya sea atrapado o intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo. Las proporciones de la mezcla de concreto deberán ser seleccionadas tal que se obtengan la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesaria para el caso particular que se está estudiando. La manejabilidad de la mezcla, incluyendo satisfactoriamente condiciones de acabado, involucra conceptos como trabajabilidad y consistencia” (Mera, 1981).

La trabajabilidad de la mezcla es la capacidad del concreto para ser colocado y consolidado adecuadamente, así como para ser acabado sin segregación dañina. La trabajabilidad es afectada por la granulometría, perfil y proporción del agregado; el contenido de cemento la presencia de aire incorporado, así como la consistencia de la misma.

El método de diseño de mezclas usado para esta investigación es el Método del Comité 211 del ACI y Método de diseño Füller.

2.2.5.1 Consideraciones para la proporción de los distintos materiales.

- **Cemento:** Según sus características variará la capacidad de desarrollo de la resistencia. A mayor cantidad de cemento aumenta la resistencia pero también el calor de hidratación y los costos, por lo que este se debe mantener en un mínimo necesario así como un máximo.
- **Agua:** La cantidad de agua debe ser únicamente la requerida para alcanzar la trabajabilidad necesaria. Ya que el exceso, al evaporarse, dejará una red capilar que afectará en la resistencia y la durabilidad del concreto.
- **Agregados:** Cuanto mayor sea el tamaño de las partículas, menos agua se demandará para conseguir la consistencia deseada. En consecuencia, podrá reducirse la cantidad de cemento. Por otra parte, tamaños superiores a 40 mm no siempre conducen a mejoras de resistencia, porque con agregados muy gruesos disminuye en exceso la superficie adherente y se crean discontinuidades importantes dentro de la mezcla, especialmente si ésta es rica en cemento.

Tabla 5

Influencia de algunos factores en la trabajabilidad y resistencia del hormigón.

| Cuando aumenta | La trabajabilidad | La resistencia |
|----------------------------|-------------------|----------------|
| La finura de la arena | Aumenta | Disminuye |
| La relación grava/arena | Disminuye | Aumenta |
| La cantidad de agua | Aumenta | Disminuye |
| El tamaño máximo del árido | Disminuye | Aumenta |
| El contenido en aire | Aumenta | Disminuye |

Fuente: Jimenez Montoya P. et al., 2000.

2.2.6 El concreto hidráulico.

El concreto es un “material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, agregado fino y grueso. Contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el uso de aditivos” (Rivva López, 2007).

2.2.6.1 Propiedades del concreto

El esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido consiste en el aglomerante, estructura básica o matriz, constituida por la pasta de cemento y agua que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias.

Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de ello.

✓ Propiedades del concreto fresco.

a. Trabajabilidad.

Está determinada por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas

del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

El método convencional para medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, porque permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual Slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

1. Estabilidad.

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

2. Compactabilidad.

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado "Factor de compactación", que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

3. Movilidad.

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función a la viscosidad, cohesión o resistencia interna al corte. La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna del corte la provee de habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

b. Segregación.

Es una "propiedad de los concretos frescos, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejera, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tienden a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie" (Abanato Castillo).

c. Exudación.

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto pues es una propiedad inherente a su estructura luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

d. Contracción.

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

✓ Propiedades del concreto endurecido.

a. Elasticidad.

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un "Módulo de elasticidad estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

b. Resistencia

Es “la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso” (Zabaleta G., 1992, pág. 32).

Las condiciones ambientales a las que está sometido el concreto hidráulico durante su vida útil, ejercen influencias importantes en la resistencia a la compresión, como se observa en la **Figura 4**.

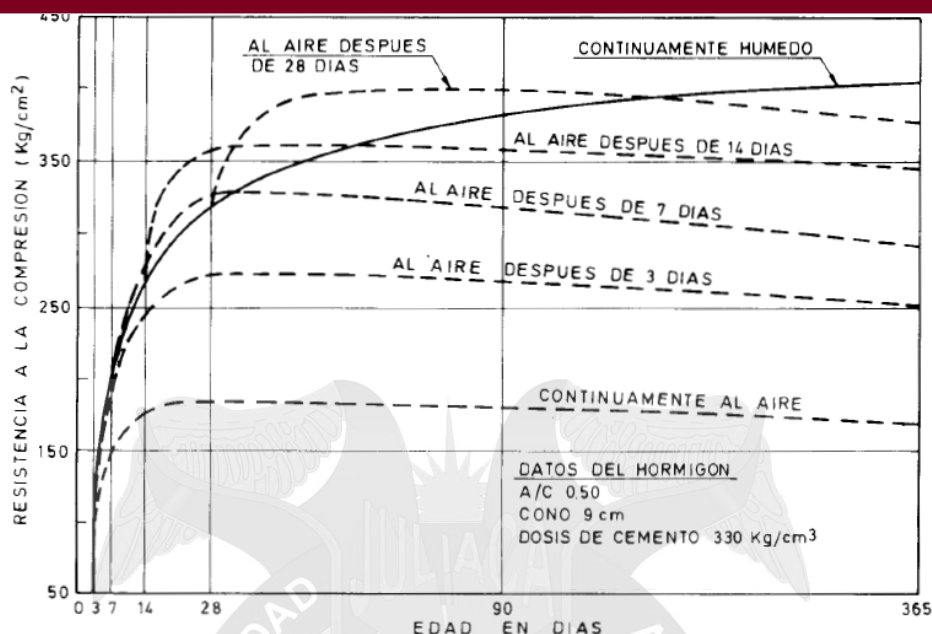


Figura 4. “Curva de crecimiento de resistencia a la compresión del concreto hidráulico y la influencia de la humedad. Experiencia realizada para concreto elaborado con cemento portland, donde nos permite observar la importancia que ejerce la humedad ambiente y la consecuencia de la exposición al aire libre, la necesidad de efectuar el curado adecuado en los primeros días.”

Fuente: Zabaleta G., 1992, pág. 33.

c. Extensibilidad.

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran figuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, ya una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

2.2.7 Curado de probetas de concreto hidráulico.

Para el presente trabajo de investigación se aplicarán dos tipos de curados en probetas de concreto hidráulico: Curado estándar y curado acelerado con agua hervida.

2.2.7.1 Curado estándar de probetas de concreto hidráulico.

Se han establecido en dos etapas de curado:

✓ Curado inicial.

Una vez moldeadas las probetas en una superficie nivelada y rígida, la norma NTP 339.033 establece que “los especímenes deben ser almacenados en un rango de temperatura entre 16 °C a 27 °C; también se deberá prevenir la pérdida de humedad de los especímenes de concreto hidráulico, empleando métodos que sean capaces de conservar la humedad. Además se deberán proteger los especímenes de la luz directa del sol”.

“Los moldes con el concreto, se deben colocar durante las primeras 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre una superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones” (Rivera López, 1997).

✓ Curado final.

Luego de haber completado el curado inicial, las probetas de concreto deben ser desmoldadas, para luego dentro de no mayor a 30 min ser curados manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de 23 °C \pm 2 °C, pudiendo colocarse en pozas con solución de agua de 3gr/lit para mantener la temperatura de almacenamiento requerido.

2.2.7.2 Curado acelerado de probetas de concreto hidráulico según NTP

339.213.

La Norma Técnica Peruana 339.213 establece 4 procedimientos para elaborar, curar

y ensayar especímenes de concreto almacenados bajo condiciones que intentan acelerar el desarrollo de sus resistencias. “Los especímenes de concreto son expuestos a condiciones de curado acelerado para desarrollar una porción significativa de su resistencia última dentro de un periodo de tiempo que varía de las 5 a las 49 horas, dependiendo del procedimiento seleccionado”.

En la **Tabla 6** se muestran los diferentes métodos existentes: “A. Método del agua caliente, B. *Método del agua hervida*, C. Método de curado autógeno, D. Método de alta presión y temperatura”.

Tabla 6
Métodos de curado rápido, según NTP 339.213

| Proceso | Moldes | Fuentes de aceleración | Temperatura de curado acelerado °c | Edad de inicio de curado | Duración de curado | Edad de ensayo |
|----------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|---|--------------------|------------------|
| A | Reusable o uso simple | Calor de hidratación | 35 | después de la colocación | 23,5 h +- 30 min | 24 h +- 15 min |
| B | Reusable o uso simple | Agua hirviendo | Hirviendo | 23 h +- 30 min después de la colocación | 3,5 h +- 5 min | 28,5h +- 15 min |
| C | Simple uso | Calor de hidratación | T inicial + calor de hidratación | Inmediatamente después de la colocación | 48 h +- 15 min | 49 h +- 15 min |
| D | Simple uso | Calor externo y presión | 150 | Inmediatamente después de la colocación | 5 h +- 5 min | 5,25 h +- 5 min* |

*Agregar 30 min si se utiliza capa compuesta de azufre.

Fuente: Norma N.T.P. 339.213 Cap. 8.3.

Curado acelerado usando el agua hirviendo.

Para nuestra investigación se usará el método de aceleramiento B establecida en la norma NTP 339.213, donde se empleará el agua en ebullición, que nos permitirá realizar una proyección de resistencias a la compresión a 28 días con curado estándar, mediante el uso de valores de resistencia aceleradas a un día.

El método B para poder ser utilizado requiere de la realización de un gráfico de

correlación, este gráfico es único para cada tipo de agregado y cemento, es decir si se cambia de cantera o de tipo de cemento se deberá obtener una nueva gráfica de correlación.

A continuación se muestra las ventajas del método B con respecto a los métodos A, C y D, se muestran a continuación:

- ✓ “El método B en contraste con el método A, posee la ventaja que el tiempo de curado es menor; también considerando que en ambos métodos es necesario un laboratorista permanentemente durante el tiempo que dura el ensayo, lo que hace conveniente la realización del método B, además los resultados acelerados de resistencia obtenidos se diferencian más con el curado B, lo cual es bien útil cuando se trabajan con relaciones agua-cemento cercanas” (Majid 2001, Malhotra 1981).
- ✓ El método de curado de B en comparación con el método C, se tiene la ventaja del equipo a usar para los ensayos y también el tiempo de curado es menor (3.5 horas) en comparación con el método C (48 horas).
- ✓ “El método B en comparación con el método D, tiene la ventaja que la implementación para la ejecución de los ensayos es mucho más simple; el método D considera la aplicación simultanea de presión y calor al mismo tiempo, implicando un equipo complejo” (Izzeddin, 2001) (Malhotra).

Capítulo III

Implementación Y Metodologías Del Ensayo

3.1 Implementación Del Tanque De Curado Acelerado

El equipo usado para esta investigación se denomina Tanque de Curado Acelerado (puede ser usado para dos métodos de curado acelerado: "Método del agua caliente y Método del agua hervida"). El Tanque de Curado Acelerado se fabricó de acuerdo a lo establecido en la norma NTP 339.213, "su diseño asegura una distribución uniforme de temperaturas al interior del tanque sin la necesidad de un agitador mecánico. Localiza el calor de inmersión centralmente en el plano y cerca de la base del tanque como es posible. El agua sobre el calor entonces entra en circulación por convección activa" (NTP 339.213, 2015).

3.1.1 Tanque de curado acelerado.

Se fabricó un prototipo de tanque de curado acelerado, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana 339.213. El tanque de curado acelerado se fabricó por partes, para luego ser ensambladas.

Las dimensiones de la cara interna del tanque de curado acelerado es de 0.80 m. de

largo, 0.30 m. de ancho y 0.60 m. de alto, la caja externa de 0.80 m. X 0.30 m. X 0.60 m. (largo, ancho, alto) y posee una tapa parcialmente hermética. Tiene una capacidad de hasta 144 litros de agua. **Figura 5.**



Figura 5. Tanque de Curado Acelerado

Fuente: Elaboración propia.

El equipo tiene la capacidad de curar 03 unidades de probetas de concreto hidráulico. Cuenta con aislamiento térmico de fibra de vidrio de 3 cm. de espesor para conservar la temperatura durante 24 horas (permitiendo ahorrar energía).

Las probetas de concreto deben estar sumergidas a 0.10 m. del nivel de agua, a 0.10 m. de distancia entre briquetas y 0.05 m. de la pared del tanque, así lo establece la NTP 339.213, **Figura 6.**

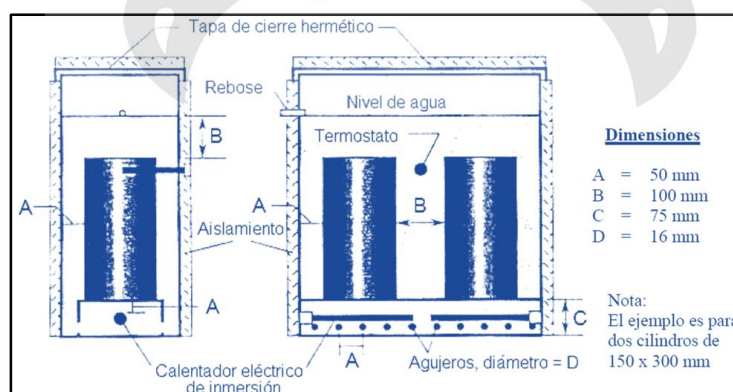


Figura 6. Diseño sugerido para tanque de curado acelerado

Fuente: NTP 339.213, 2015.

De acuerdo al diseño de Tanque de Curado Acelerado sugerido por la Norma Técnica Peruana 339.213, se construyó un tanque con capacidad de 03 especímenes de concreto, como se observa en la **Figura 5**.

3.1.1.1 Materiales usados para fabricar el tanque de curado acelerado.

a. Tanque de acero.

Se confeccionó una caja interna de acero inoxidable mate quirúrgico, de 0.80 m. X 0.30 m. X 0.60 m. (largo, ancho, alto), visible en la **Figura 7**; de igual forma se elaboró una caja externa de acero galvanizado, con la finalidad de cubrir el aislamiento térmico de fibra de vidrio.

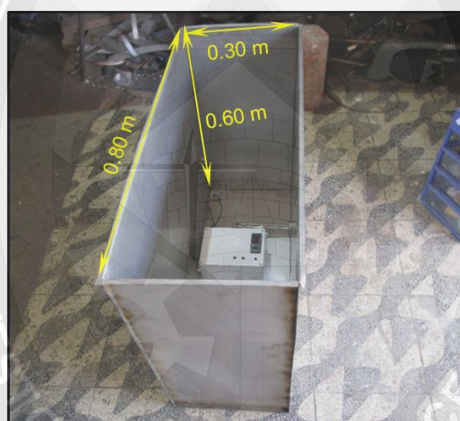


Figura 7. Tanque de acero inoxidable mate quirúrgico de 1 mm de espesor

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 8**, se observa la tapa de acero brillante, este reduce la evaporación del agua durante la ebullición; también se muestra una rejilla de 0.74 m. X 0.24 m., usada para sostener las briquetas de concreto en el interior del Tanque de Curado Acelerado.



Figura 8. Tapa de acero brillante y Parrilla para soporte de biquetas

Fuente: Elaboración propia.

b. Resistencias eléctricas.

Las resistencias eléctricas de inmersión, **Figura 9**, están diseñadas para el calentamiento del líquido (agua). Se halló idóneo tres resistencias de 2000 watts, para alcanzar a la temperatura de ebullición ($88 - 89^{\circ}\text{C}$), para 120 litros de agua, durante tres horas con 30 minutos.



Figura 9. Resistencia eléctrica de 2000 watts

Fuente: Elaboración propia.

c. Tablero electrónico.

El tablero electrónico, **Figura 10**, se encuentra conformado por un *controlador electrónico inteligente*, que cumple la función de controlar la temperatura del agua; apagar automáticamente dos resistencias eléctricas una vez alcanzado a una temperatura programada. También se cuenta con un interruptor que permite el encendido y apagado manual del controlador eléctrico, un interruptor que enciende manualmente y apagan

automáticamente dos resistencias eléctricas y un interruptor que enciende y apaga manualmente una resistencia eléctrica; además se cuenta con un *Contactor de 220v* (Figura 11), componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso del corriente.

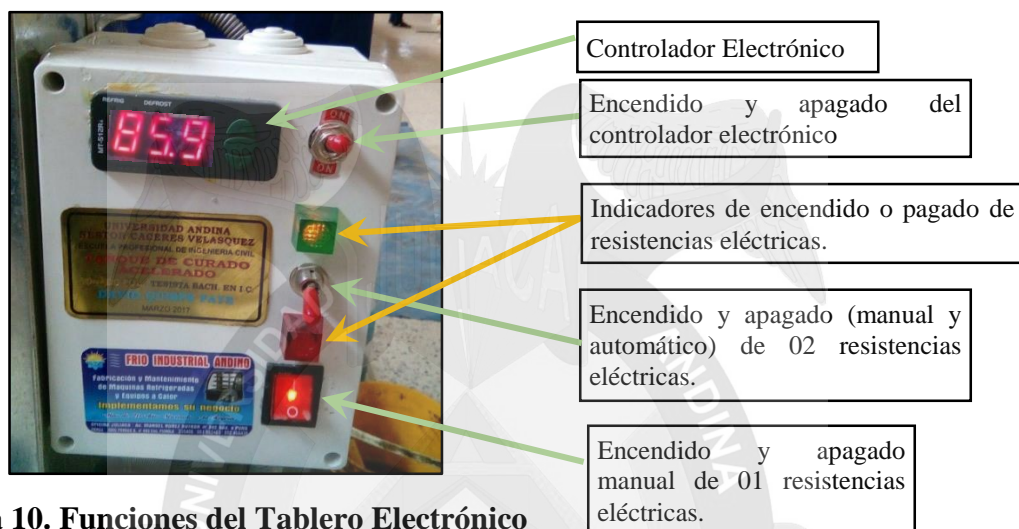


Figura 10. Funciones del Tablero Electrónico

Fuente: Elaboración propia.

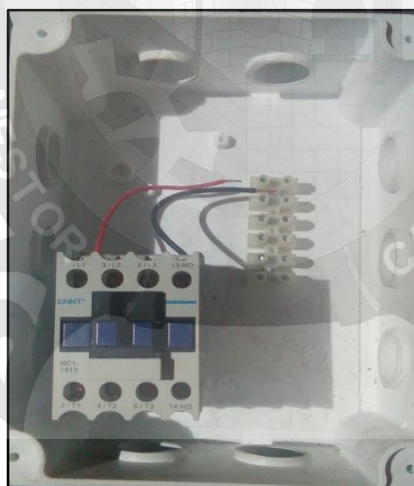


Figura 11. Contactor de 220 V

Fuente: Elaboración propia.

d. Sensor electrónico tipo termocupla.

El sensor electrónico se encuentra incorporado al tanque de acero, introducido en un tubo de bronce de 3/8" para su protección de los moldes de briquetas, se sitúa

sumergido hasta 10 cm. debajo del espejo de agua. Su función es informar al controlador eléctrico, la temperatura del agua que se encuentra al interior del tanque de curado acelerado, mediante pulsos eléctricos (ver **Figura 12**).

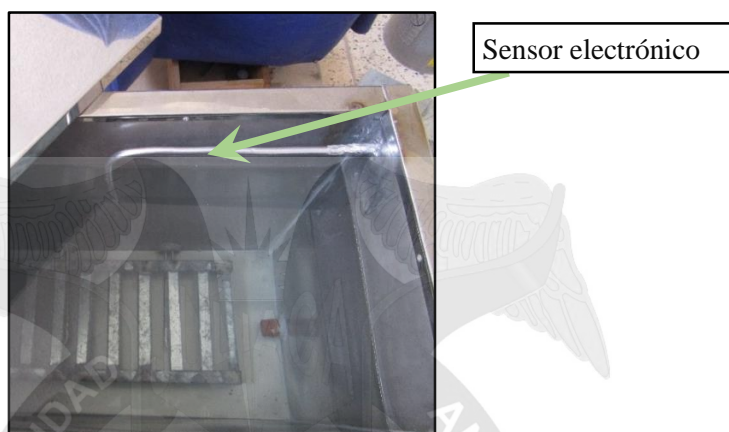


Figura 12. Sensor electrónico introducido en un tubo de bronce

Fuente: Elaboración propia.

e. Sistema de evacuación.

Para el sistema de evacuación, se usó un caño galvanizado para agua, que se unió al tanque mediante la soldadura autógena. Caño galvanizado visible en la **Figura 13**, necesario para evacuar el agua que se desea eliminar del tanque de curado acelerado.



Figura 13. Caño de hierro galvanizado

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 7** se muestra la lista de materiales e insumos para la implementación del Tanque de Curado Acelerado.

Tabla 7
Lista de materiales e insumos para la implementación del Tanque de Curado Acelerado

| MATERIAL | UNID. | COSTO UNITARIO S/ | CANT. | COSTO TOTAL S/ |
|--|--------------|----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| GENERAL | | | | |
| Base metálica ángulo 1" (pintado) | unid | 50.00 | 1 | 50.00 |
| Parrilla para soporte de briquetas | unid | 100.00 | 1 | 100.00 |
| Mano de obra | glb | 500.00 | 1 | 500.00 |
| TANQUE DE CURADO | | | | |
| Caja de plancha galvaniza de 0.8 (1/32 mm) 1.20 x 2.40 m | pza | 170.00 | 1 | 170.00 |
| Lana de vidrio | lb | 30.00 | 10 | 300.00 |
| Acero Mate quirúrgico 1 mm | pza | 300.00 | 1 | 300.00 |
| Acero Brillante 0.8 (1/32 mm) | pza | 70.00 | 1 | 70.00 |
| Asas metálicas azincadas | unid | 5.00 | 4 | 20.00 |
| Soldadura tic | glb | 100.00 | 1 | 100.00 |
| Varillas de electrodo | unid | 2.00 | 7 | 14.00 |
| Remaches | unid | 0.10 | 16 | 1.60 |
| silicona de alta temperatura (gris) marca hitemp 150 gr | unid | 20.00 | 1 | 20.00 |
| tapa de cubierta posterior(acero galvanizado) | unid | 10.00 | 1 | 10.00 |
| Resistencias eléctricas monofásicas (2000 Watts) | unid | 120.00 | 3 | 360.00 |
| Contratuercas galvanizadas | unid | 5.00 | 3 | 15.00 |
| Cables de alimentación siliconados y asbestado con fibra de vidrio con terminales redondos | unid | 3.00 | 10 | 30.00 |
| Protectores de cable de calor (Espaguetis) | pza | 2.00 | 6 | 12.00 |
| TABLERO ELECTRÓNICO | | | | |
| Tablero de 15x25 | und | 15.00 | 1 | 15.00 |
| Tornillos autoroscantes de 1/8 pulg | und | 1.00 | 20 | 20.00 |
| Controlador electrónico FULL GAUGE | und | 250.00 | 1 | 250.00 |
| Interruptores tipo codillos (15 amp) | und | 8.00 | 2 | 16.00 |
| Contactador 220 volt | und | 75.00 | 1 | 75.00 |
| Interruptor con indicador de luz de 15 amp | und | 10.00 | 1 | 10.00 |
| Piloto con indicador de luz 15 amp | und | 5.00 | 2 | 10.00 |
| Cable N° 16 | m | 4.00 | 0.8 | 3.20 |
| Sensor electrónico tipo termocupla | und | 35.00 | 1 | 35.00 |
| Cable N° 10 | m | 5.00 | 4 | 20.00 |
| Tubo conduit pvc ½ | m | 4.00 | 1 | 4.00 |
| Tubo conduit pvc ¾ | m | 6.00 | 1.1 | 6.60 |
| Bornera de 12 bornes | und | 5.00 | 1 | 5.00 |
| GASFITERIA | | | | |
| Tubo de rebose de cobre de 3/8 | und | 2 | 1 | 2.00 |
| Caño | und | 15 | 1 | 15.00 |
| Niple de pvc de calor de 1/2 pulg (marca Hidro) | und | 5 | 1 | 5.00 |
| CABLEADO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL | | | | |
| Cable blindado N° 10 | m | 10 | 1.5 | 15.00 |
| Enchufe industrial de 20 amp | und | 10 | 1 | 10.00 |
| Total sin IGV | | | | 2589.40 |
| IGV | | | | 466.09 |
| Total con IGV | | | | 3055.49 |

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Implementos y materiales usados para el curado acelerado.

Considerando las medidas de seguridad para el método de curado acelerado con agua hervida, es necesario usar equipos de protección personal durante maniobra del tanque de curado acelerado, implementos básicos mostrados en la **Figura 14** y **Figura 15**. También se recomienda el uso de equipos para la protección de los brazos para evitar salpicaduras de agua caliente.



Figura 14. Guantes de jebe

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Lentes de protección

Fuente: Elaboración propia.

En la presente investigación se precisa del agua hervida, para ello se determinó la elaboración de canastillas de alambre galvanizado N° 8, como se exhibe en la **Figura 16**, estas canastillas se construyeron con fines de facilitar la introducción de las briquetas de concreto, en el interior del tanque de curado acelerado.



Figura 16. Canastillas de alambre galvanizado

Fuente: Elaboración propia.

Para el curado acelerado de las briquetas en el agua hervida, es necesario proteger los extremos superiores de las briquetas con placas rígidas, manifiesto en la **Figura 17**, ello, para evitar pérdida de mortero durante el proceso de curado acelerado.



Figura 17. Placas rígidas para cubrir las briquetas

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Control De Calidad De Agregados y Cemento; Diseño Y Elaboración De Probetas De Concreto

Los agregados usados para esta investigación son de procedencia natural (canto rodado), como se muestra en la **Figura 18** y de procedencia artificial (piedra chancada) visible en la **Figura 19**; estos agregados son procedentes de canteras que se encuentran ubicados en la comunidad de Isla y distrito de Cabanillas respectivamente.



Figura 18. Cantera de agregado natural (canto rodado), Isla

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Cantera de agregado artificial, planta chancadora Surupana, Cabanillas

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Control de calidad del cemento.

Los cementos Pórtland puzolánicos Tipo 1P deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma ASTM C 595. No se recomienda el uso de cemento que se hayan averiado las bolsas, ya que la humedad del ambiente puede provocar una alteración en el cemento. Para esta investigación se usó el cemento Portland Tipo 1P de la marca Rumi.

3.2.2 Control de calidad de agregados.

La calidad de los agregados debe ser controlada de acuerdo a lo indicado en la NTP 400.037, donde se establece los requisitos de gradación (granulometría) y calidad de los agregados fino y grueso. Se controlará la calidad de agregados para dos grupos de concreto hidráulico, un grupo de concreto hidráulico en el que se usará canto rodado de agregado fino y agregado grueso, y para el segundo grupo de concreto hidráulico con agregado fino de canto rodado y agregado grueso de piedra chancada.

5.2.2.1 Control de calidad de agregados para concreto con canto rodado.

Para el concreto hidráulico con canto rodado, los agregados utilizados son procedentes de la cantera Isla, ubicados a 11 kilómetros de la ciudad de Juliaca, comunidad de Isla.

a. Humedad natural de agregados.

Contenido de humedad de agregado fino

Tabla 8

Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad de agregado fino (canto rodado)

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Peso tarro + Peso muestra húmeda (gr) | 413.65 |
| Peso tarro + Peso muestra seca (gr) | 384.81 |
| Peso tarro (gr) | 38.38 |
| Peso agua (gr) | 28.84 |
| Peso muestra seca (gr) | 346.43 |
| Porcentaje de humedad (%) | 8.32 |

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad de agregado grueso

Tabla 9

Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad de agregado grueso (canto rodado)

| | |
|----------------------------------|--------|
| Peso tarro + Peso muestra húmeda | 377.72 |
| Peso tarro + Peso muestra seca | 365.24 |
| Peso tarro | 38.19 |
| Peso agua | 12.48 |
| Peso muestra seca | 327.05 |
| Porcentaje de humedad (%) | 3.82 |

Fuente: Elaboración propia.

b. Peso Unitario.

Peso unitario suelto y varillado de agregado fino.

Tabla 10

Peso unitario suelto del agregado fino, canto rodado

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 5968 gr | 5968 gr | 5968 gr |
| Volumen del molde | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ |
| Colocación de muestra a molde | caída libre | caída libre | caída libre |
| Peso del molde + muestra suelta | 9380.00 gr | 9399.00 gr | 9392.00 gr |
| Peso de la muestra suelta | 3412.00 gr | 3431.00 gr | 3424.00 gr |
| Densidad mínima de la muestra seca | 1.608 gr/cm ³ | 1.617 gr/cm ³ | 1.613 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.612 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Peso unitario compactado de agregado fino, canto rodado

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 5968 gr | 5968 gr | 5968 gr |
| Volumen del molde | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ |
| Nº de capas | 3 | 3 | 3 |
| Nº de golpes por capa | 25 | 25 | 25 |
| Peso del molde + muestra compactada | 9616.00 gr | 9613.00 gr | 9607.00 gr |
| Peso de la muestra compactada | 3648.00 gr | 3645.00 gr | 3639.00 gr |
| Densidad máxima de la muestra seca | 1.719 gr/cm ³ | 1.717 gr/cm ³ | 1.715 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.717 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario suelto y varillado de agregado grueso.

Tabla 12

Peso unitario suelto del agregado grueso, canto rodado

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 7981 gr | 7981 gr | 7981 gr |
| Volumen del molde | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ |
| Colocación de muestra a molde | caída libre | caída libre | caída libre |
| Peso del molde + muestra suelta | 12852.00 gr | 12822.00 gr | 12851.00 gr |
| Peso de la muestra suelta | 4871.00 gr | 4841.00 gr | 4870.00 gr |
| Densidad mínima de la muestra seca | 1.511 gr/cm ³ | 1.502 gr/cm ³ | 1.511 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.508 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Peso unitario compactado del agregado grueso, canto rodado

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 7981 gr | 7981 gr | 7981 gr |
| Volumen del molde | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ |
| Nº de capas | 3 | 3 | 3 |
| Nº de golpes por capa | 25 | 25 | 25 |
| Peso del molde + muestra | 13198.00 gr | 13210.00 gr | 13259.00 gr |
| Peso de la muestra compactada | 5217.00 gr | 5229.00 gr | 5278.00 gr |
| Densidad máxima de la | 1.618 gr/cm ³ | 1.622 gr/cm ³ | 1.637 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.626 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia

C. Granulometría.

Granulometría de agregado fino.

Tabla 14

Granulometría de agregado fino (canto rodado)

| Tamices Astm | Abertura mm | Peso retenido | % Retenido | %ret. Acumulado | % Que pasa |
|------------------|-------------|---------------|------------|-----------------|------------|
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| No4 | 4.760 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| No8 | 2.380 | 113.16 | 22.63 | 22.63 | 77.37 |
| No10 | 2.000 | | | | |
| No16 | 1.190 | 92.97 | 18.59 | 41.23 | 58.77 |
| No20 | 0.840 | | | | |
| No30 | 0.590 | 100.10 | 20.02 | 61.25 | 38.75 |
| No40 | 0.420 | | | | |
| No 50 | 0.300 | 129.15 | 25.83 | 87.08 | 12.92 |
| No60 | 0.250 | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | |
| No100 | 0.149 | 42.06 | 8.41 | 95.49 | 4.51 |
| No200 | 0.074 | 9.39 | 1.88 | 97.37 | 2.63 |
| Base | | 13.17 | 2.63 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | 500.00 | 100.00 | | |
| % Perdida | | 0.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

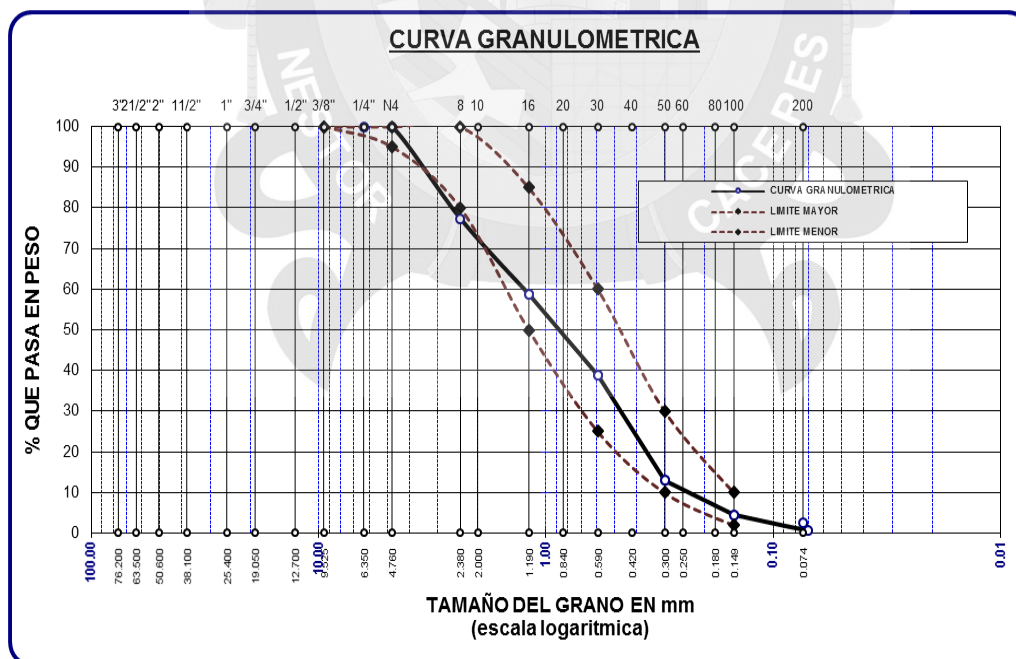


Figura 20. Curva granulométrica de agregado fino (canto rodado)

Fuente: Elaboración propia.

Granulometría de agregado grueso.

Tabla 15

Granulometría de agregado grueso (canto rodado)

| Tamices Astm | Abertura mm | Peso retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Que pasa |
|--------------|-------------|---------------|------------|------------------|------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 278.00 | 7.94 | 7.94 | 92.06 |
| 3/4" | 19.050 | 522.00 | 14.91 | 22.86 | 77.14 |
| 1/2" | 12.700 | 1048.00 | 29.94 | 52.80 | 47.20 |
| 3/8" | 9.525 | 554.00 | 15.83 | 68.63 | 31.37 |
| 1/4" | 6.350 | | | | |
| No4 | 4.760 | 1098.00 | 31.37 | 100.00 | 0.00 |
| Base | | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 |
| Total | | 3500.00 | 100.00 | | |
| % Perdida | | 0.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

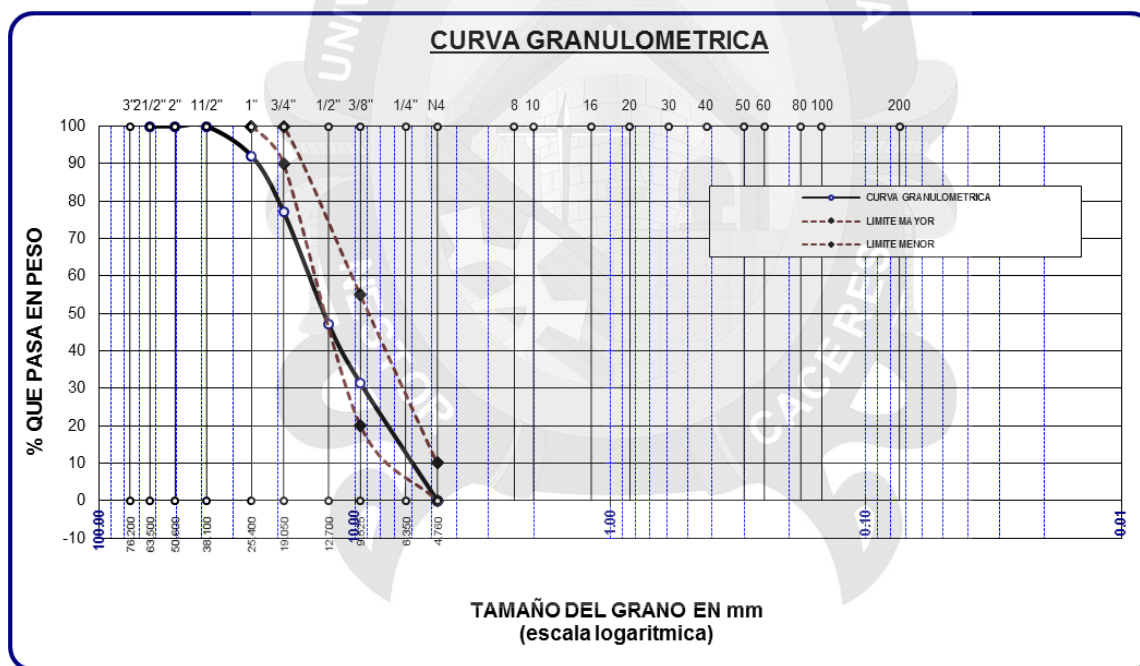


Figura 21. Curva granulométrica de agregado grueso (canto rodado)

Fuente: Elaboración propia.

d. Peso específico y absorción.

Peso específico y absorción de agregado fino.

-Peso de muestra secada al horno (A) = 485.56 gr

-Peso de muestra saturada seca (SSS) (B) = 500.00 gr

-Peso del picnómetro con agua (Wc) = 1312.92 gr

-Peso del picnómetro + muestra + agua (W) = 1617.09 gr

$$Pe = 2.55 \text{ gr/cm}^3$$

$$Abs = 2.97\%$$

Peso específico y absorción de agregado grueso.

-Peso de muestra secada al horno (A) = 783.64 gr

-Peso de muestra saturada seca (SSS) (B) = 800.00 gr

-Peso del picnómetro con agua (Wc) = 1312.92 gr

-Peso del picnómetro + muestra + agua (W) = 1798.44 gr

$$Pe = 2.54 \text{ gr/cm}^3$$

$$Abs = 2.09\%$$

e. Resistencia al desgaste.

De acuerdo a la gradación obtenido, el tamaño máximo es de 1", por lo tanto se elige el método A, con 12 esferas, con 500 revoluciones y con un tiempo máximo de 15 minutos, según la norma NTP 400.019.

Tabla 16

Peso de agregado grueso (canto rodado) para ensayo de abrasión

| Tamiz | Peso Retenido (gr.) |
|--------------|---------------------|
| 1" | 1247.65 |
| 3/4" | 1250.9 |
| 1/2" | 1250.13 |
| 3/8" | 1250.87 |
| Total | 4999.55 |

Fuente: Elaboración propia.

Peso Inicial = 4999.55 gr.

Peso Final = 3875.00 gr.

$$Desgaste = \frac{4999.55 - 3875.00}{4999.55} * 100$$

$$Desgaste = 22.49\%$$

El porcentaje de desgaste del agregado grueso procedente de canto rodado, tiene un desgaste de 22.49%, considerándose un agregado óptimo para el diseño de mezclas.

3.2.2.2 Control de calidad de agregados para concreto con piedra chancada.

Para el concreto hidráulico con piedra chancada, el agregado fino es procedente de la cantera Isla y la piedra chancada de la planta chancadora Surupana, ubicado a 13 kilómetros de Cabanillas.

a. Humedad natural de agregados.

Contenido de humedad de agregado fino.

Tabla 17

Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad, de agregado fino (canto rodado)

| | |
|----------------------------------|--------|
| Peso tarro + Peso muestra húmeda | 259.62 |
| Peso tarro + Peso muestra seca | 252.99 |
| Peso tarro | 38.81 |
| Peso agua | 6.63 |
| Peso muestra seca | 214.18 |
| Porcentaje de humedad (%) | 3.10 |

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad de agregado grueso.

Tabla 18

Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad, de agregado grueso (piedra chancada)

| | |
|----------------------------------|--------|
| Peso tarro + Peso muestra húmeda | 502.72 |
| Peso tarro + Peso muestra seca | 485.60 |
| Peso tarro | 38.39 |
| Peso agua | 17.12 |
| Peso muestra seca | 447.21 |
| Porcentaje de humedad (%) | 3.83 |

Fuente: Elaboración propia.

b. Peso unitario.

Peso unitario suelto y varillado de agregado fino.

Tabla 19

Peso unitario suelto del agregado fino, canto rodado

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 6271 gr | 6271 gr | 6271 |
| Volumen del molde | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ |
| Colocación de muestra a molde | caída libre | caída libre | caída libre |
| Peso del molde + muestra suelta | 9599.00 gr | 9619.00 gr | 9637.00 gr |
| Peso de la muestra suelta | 3328.00 gr | 3348.00 gr | 3366.00 gr |
| Densidad mínima de la muestra seca | 1.574 gr/cm ³ | 1.584 gr/cm ³ | 1.592 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.584 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Peso unitario varillado del agregado fino, canto rodado

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 6271 gr | 6271 gr | 6271 gr |
| Volumen del molde | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ |
| Nº de capas | 3 | 3 | 3 |
| Nº de golpes por capa | 25 | 25 | 25 |
| Peso del molde + muestra compactada | 9789.00 gr | 9827.00 gr | 9794.00 gr |
| Peso de la muestra compactada | 3518.00 gr | 3556.00 gr | 3523.00 gr |
| Densidad máxima de la muestra seca | 1.664 gr/cm ³ | 1.682 gr/cm ³ | 1.667 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.671 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Peso unitario suelto y varillado de agregado fino (piedra chancada).

Tabla 21

Peso unitario suelto del agregado grueso, piedra chancada

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 7229 gr | 7229 gr | 7229 gr |
| Volumen del molde | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ |
| Colocación de muestra a molde | caída libre | caída libre | caída libre |
| Peso del molde + muestra suelta | 11514.00 gr | 11559.00 gr | 11535.00 gr |
| Peso de la muestra suelta | 4285.00 gr | 4330.00 gr | 4306.00 gr |
| Densidad mínima de la muestra seca | 1.322 gr/cm ³ | 1.336 gr/cm ³ | 1.328 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.328 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Peso unitario varillado del agregado grueso, piedra chancada

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso del molde | 7229 gr | 7229 gr | 7229 gr |
| Volumen del molde | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ |
| Nº de capas | 3 | 3 | 3 |
| Nº de golpes por capa | 25 | 25 | 25 |
| Peso del molde + muestra compactada | 11920.00 gr | 11894.00 gr | 11915.00 gr |
| Peso de la muestra compactada | 4691.00 gr | 4665.00 gr | 4686.00 gr |
| Densidad máxima de la muestra seca | 1.447 gr/cm ³ | 1.439 gr/cm ³ | 1.445 gr/cm ³ |
| Promedio | | 1.444 gr/cm ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

C. Granulometría.

Granulometría de agregado fino.

Tabla 23

Datos de granulometría de agregado fino (canto rodado)

| Tamices Astm | Abertura mm | Peso retenido | % Retenido | %ret. Acumulado | % Que pasa |
|------------------|-------------|---------------|------------|-----------------|---------------|
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| No4 | 4.760 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| No8 | 2.380 | 65.72 | 13.14 | 13.14 | 86.86 |
| No10 | 2.000 | | | | |
| No16 | 1.190 | 86.41 | 17.28 | 30.43 | 69.57 |
| No20 | 0.840 | | | | |
| No30 | 0.590 | 159.66 | 31.93 | 62.36 | 37.64 |
| No40 | 0.420 | | | | |
| No 50 | 0.300 | 131.86 | 26.37 | 88.73 | 11.27 |
| No60 | 0.250 | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | |
| No100 | 0.149 | 36.02 | 7.20 | 95.93 | 4.07 |
| No200 | 0.074 | 7.92 | 1.58 | 97.52 | 2.48 |
| Base | | 12.41 | 2.48 | 100 | 0 |
| Total | | 500.00 | 100.00 | | |
| % Perdida | | 2.48 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

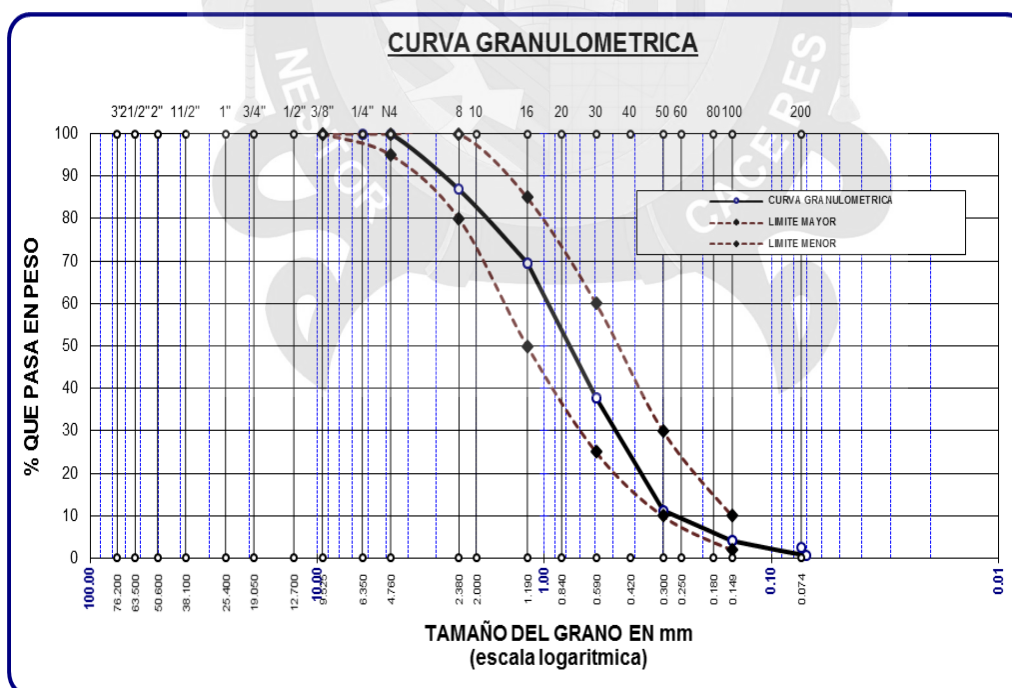


Figura 22. Curva granulométrica de agregado fino (canto rodado)

Fuente: Elaboración propia.

Granulometría de agregado grueso (piedra chancada).

Tabla 24

Datos de granulometría de agregado grueso (piedra chancada)

| Tamices Astm | Abertura mm | Peso retenido | % Retenido | %ret. Acumulado | % Que pasa |
|--------------|-------------|---------------|------------|-----------------|------------|
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 53.00 | 1.51 | 1.51 | 98.49 |
| 3/4" | 19.050 | 490.00 | 14.00 | 15.51 | 84.49 |
| 1/2" | 12.700 | 1047.00 | 29.91 | 45.43 | 54.57 |
| 3/8" | 9.525 | 645.00 | 18.43 | 63.86 | 36.14 |
| 1/4" | 6.350 | | | | |
| No4 | 4.760 | 1265.00 | 36.14 | 100.00 | 0.00 |
| Base | | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 |
| Total | | 3500.00 | 100.00 | | |
| % Perdida | | 0.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

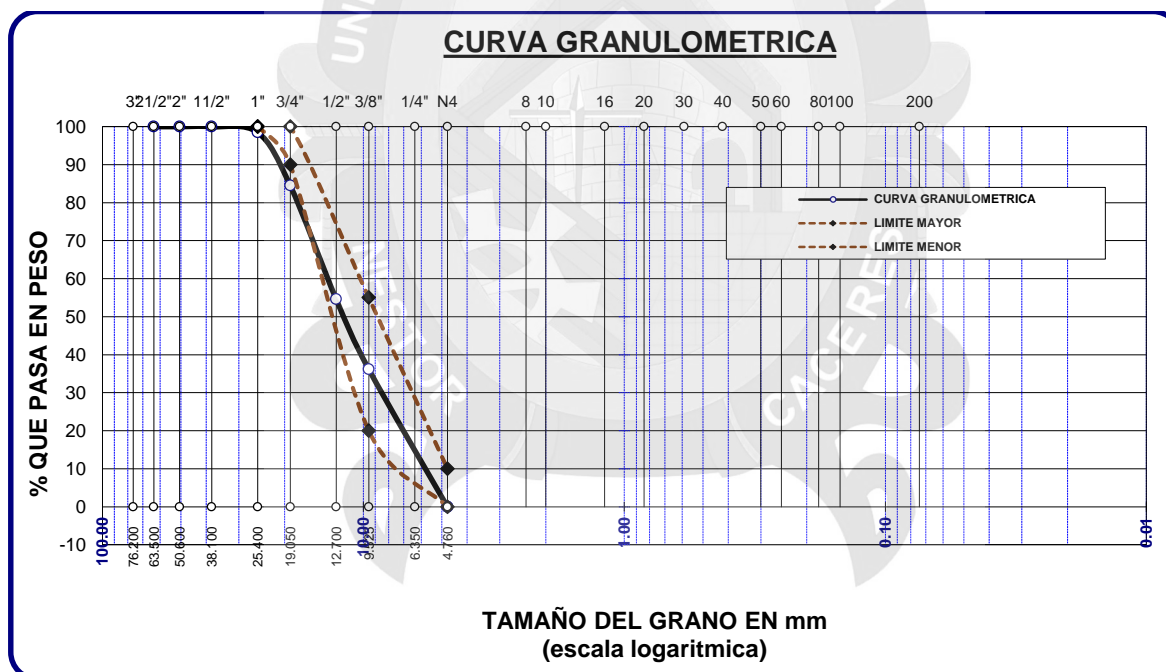


Figura 23. Curva granulométrica de agregado grueso (piedra chancada)

Fuente: Elaboración propia.

a. Peso específico y absorción.**Peso específico y absorción de agregado fino.**

| | | | |
|---------------------------------------|------|---|------------|
| -Peso de muestra secada al horno | (A) | = | 485.98 gr |
| -Peso de muestra saturada seca (SSS) | (B) | = | 500.00 gr |
| -Peso del picnómetro con agua | (Wc) | = | 1316.00 gr |
| -Peso del picnómetro + muestra + agua | (W) | = | 1618.82 gr |

$$Pe = 2.54 \text{ gr/cm}^3$$

$$Abs = 2.88 \%$$

Peso específico y absorción agregado grueso (piedra chancada)

| | | | |
|---------------------------------------|------|---|---------|
| -Peso de muestra secada al horno | (A) | = | 782.15 |
| -Peso de muestra saturada seca (SSS) | (B) | = | 800.00 |
| -Peso del picnómetro con agua | (Wc) | = | 1316.00 |
| -Peso del picnómetro + muestra + agua | (W) | = | 1800.36 |

$$Pe = 2.53 \text{ gr/cm}^3$$

$$Abs = 2.28 \%$$

e. Resistencia al desgaste.

De acuerdo a la gradación obtenido, el tamaño máximo es de 1", por lo tanto se elige el método A, con 12 esferas, con 500 revoluciones y con un tiempo máximo de 15 minutos, según la norma NTP 400.019.

Tabla 25*Peso de agregado grueso (canto rodado) para ensayo de abrasión*

| Tamiz | Peso Retenido (gr.) |
|--------------|----------------------------|
| 1" | 1245.45 |
| 3/4" | 1250.49 |
| 1/2" | 1249.09 |
| 3/8" | 1250.82 |
| Total | 4995.85 |

Fuente: Elaboración propia.

Peso Inicial = 4995.85 gr.

Peso Final = 3715.00 gr.

$$\text{Desgaste} = \frac{4995.85 - 3715.00}{4995.85} * 100$$

$$\text{Desgaste} = 25.64\%$$

El porcentaje de desgaste del agregado grueso procedente de piedra chancada, tiene un desgaste de 25.64%, considerándose un agregado óptimo para el diseño de mezclas.

3.2.3 Diseño de mezclas

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple, el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto. La dosificación para el concreto con agregado natural se muestra en la **Tabla 34** y para el concreto con agregado artificial en la **Tabla 35**.

Para el concreto hidráulico con canto rodado se usará el método de diseño establecido por el comité 211 del ACI, para el concreto con piedra chancada se usará el Método de diseño ACI y el Método de diseño Fuller.

Se desarrollará un ejemplo de diseño de mezclas por cada método, para concretos de resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

✓ **Ejemplo 01: Método de Diseño de Mezclas del ACI (concreto con canto rodado).**

1. Diseño de mezcla **f'c = 210 kg/cm²**.
2. El requerimiento de resistencia a la compresión es f'c = 210 Kg/cm², a los 28 días, ya que no se cuenta con un dato de desviación estándar, tomamos el factor de seguridad de la **Tabla 26**, por lo que resistencia promedio resulta **f'cr = 294 Kg/cm²**.

Tabla 26

Valores para determinar resistencia a la compresión promedio

| f'_c | f'_{cr} |
|--------------|-------------|
| Menos de 210 | $f'_c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'_c + 84$ |
| sobre 350 | $f'_c + 98$ |

Fuente: American Concrete Institute comité 211.

- Se seleccionó un asentamiento de 3" a 4", condición de asentamiento intermedio.
- El diámetro de tamaño máximo nominal es de 3/4", de acuerdo al análisis granulométrico.
- Resultado de pruebas en laboratorio para los agregados, **Tabla 27**:

Tabla 27

Resultados de ensayos en laboratorio de agregados

| Características físicas | Agregado grueso | Agregado fino |
|--|-----------------|---------------|
| Peso Específico (gr/cm ³) | 2.54 | 2.55 |
| Peso Unitario Varillado (kg/m ³) | 1626 | 1717 |
| Peso Unitario Suelto (kg/m ³) | 1504 | 1612 |
| % de Absorción | 2.09 | 2.97 |
| % de Humedad Natural | 3.83 | 8.32 |
| Módulo de Fineza | - | 3.08 |

Fuente: Elaboración propia.

- Debido a que no se usará incorporador de aire, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **205 lt**, véase **Tabla 28**, slump elegido es de 3" a 4" y tamaño máximo nominal de 3/4".

Tabla 28

Cantidades aproximadas de agua para diferentes Slump, cantidades de agua

| Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregado grueso y consistencia indicados | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Slump | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| 1" - 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" - 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" - 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | - |
| Sin aire (%) | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |

Fuente: American Concrete Institute comité 211.

7. El contenido de aire en el concreto es de **2 %** de acuerdo a la **Tabla 28**.
8. Para la selección de la relación agua-cemento, el criterio de diseño considerado es la resistencia, sabiendo que la resistencia promedio correspondiente a 284 kg/cm², por interpolación en la **Tabla 29**, resulta **0.56** la relación agua-cemento.

Tabla 29

Relación agua-cemento vs f'_{cr} (sin aire)

| f'_{cr} | a/c |
|-----------|------|
| 450 | 0.38 |
| 400 | 0.43 |
| 350 | 0.48 |
| 300 | 0.55 |
| 250 | 0.62 |
| 200 | 0.70 |
| 150 | 0.80 |

Fuente: American Concrete Institute comité 211.

9. De acuerdo a la información obtenida en los items 8 y 6, el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ kg/m}^3) / (0.56) = \mathbf{366 \text{ kg/m}^3}$$

10. El módulo de fineza del agregado fino es 3.08, el peso unitario varillado del agregado grueso resultó 1626 kg/m³ y un tamaño máximo nominal de 3/4"; usando estos datos e interpolando en la **Tabla 30**, resulta **0.592 m³**.

Tabla 30

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen

| Tamaño máximo de agregado | Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen | | | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | Módulo de fineza del agregado fino | | | | | | |
| | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 | 3.4 |
| 3/8" | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.40 |
| 1/2" | 0.61 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.51 | 0.49 |
| 3/4" | 0.68 | 0.66 | 0.64 | 0.61 | 0.60 | 0.58 | 0.56 |
| 1" | 0.73 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 | 0.61 |
| 1 1/2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 | 0.68 | 0.66 |
| 2" | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 | 0.68 |
| 3" | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 | 0.73 | 0.71 |
| 6" | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.77 |

Fuente: American Concrete Institute comité 211.

Entonces la cantidad de agregado grueso resulta:

$$(0.592 \text{ m}^3) / (1626 \text{ kg/m}^3) = 962 \text{ kg/m}^3$$

11. Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (366) / (2.88 \times 1000) = 0.127 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (962) / (2.54 \times 1000) = 0.378 \\ \text{Volumen absoluto de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.730 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Por lo tanto el peso de agregado fino es: $(1 - 0.730) = 0.270 \text{ m}^3$

$$(0.270) \times (2.55) \times 1000 = 688 \text{ kg/m}^3$$

12. Cantidad de materiales para el concreto hidráulico de 210 kg/cm², **Tabla 31**.

Tabla 31

Dosificación en seco, para concreto 210 kg/cm² (Método ACI)

| Agregado | Dosificación en Kg/m ³ |
|------------------|-----------------------------------|
| Cemento | 366 |
| Agua | 205 |
| Agregado. Grueso | 962 |
| Agregado. Fino | 688 |
| Aire | 2.0 % |

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Ejemplo 02: Método de Diseño de Mezcla Fuller (concreto con piedra chancada).**

- Diseño de mezcla **f'c = 210 kg/cm²**.
- El requerimiento de resistencia a la compresión es f'c = 210 Kg/cm², a los 28 días, ya que no se cuenta con un dato de desviación estándar, tomamos el factor de seguridad de la **Tabla 26**, por lo que resistencia promedio resulta f'cr = **Rm = 294 Kg/cm²**.
- Se seleccionó un asentamiento de 3" a 4" (consistencia plástica), condición de asentamiento intermedio.
- El diámetro de tamaño máximo nominal es de 3/4", de acuerdo al análisis granulométrico.

5. Resultado de pruebas en laboratorio para los agregados, **Tabla 32.**

Tabla 32

Resultados de ensayos en laboratorio de agregados

| Características físicas | Agregado grueso | Agregado fino |
|--|-----------------|---------------|
| Peso Específico (gr/cm ³) | 2.53 | 2.54 |
| Peso Unitario Varillado (kg/m ³) | 1444 | 1671 |
| Peso Unitario Suelto (kg/m ³) | 1329 | 1583 |
| % de Absorción | 2.28 | 2.88 |
| % de Humedad Natural | 3.82 | 3.10 |
| Módulo de Fineza | - | 2.91 |

Fuente: Elaboración propia.

6. Debido a que no se usará incorporador de aire, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **205 lt**, véase **Tabla 28**, para un slump de 3" a 4" y tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".
7. El contenido de aire en el concreto es de **2%** de acuerdo a la **Tabla 28**.
8. Determinación de la relación agua-cemento:

K1

Para Piedra chancada = 0.0030 a 0.0045

Para Piedra redondeada = 0.0045 a 0.0070

Tomaremos el máximo valor para piedra chancada, entonces **k1 = 0.0045**.

Relación cemento-agua:

$$Z = K1 \cdot R_m + 0.5$$

Donde:

$$K1 = 0.0045 \text{ y } R_m = 294$$

$$Z = K1 \cdot R_m + 0.5$$

$$Z = 0.0045 \cdot 294 + 0.5 = c/a \text{ (relación cemento-agua)}$$

$$c/a = 1.823 \rightarrow a/c = 0.549$$

Entonces la relación agua-cemento resulta: **a/c = 0.549**.

9. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 8 y 6, la cantidad de cemento resulta:

$$(205 \text{ kg/cm}^2) / (0.55) = 374 \text{ kg/m}^3$$

10. Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos:

$$\begin{aligned}\text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (374) / (2.88 \times 1000) = 0.130 \\ \text{Volumen absoluto de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen absoluto de agregados} &= (962) / (2.54 \times 1000) = 0.645\end{aligned}$$

11. Cálculo de volumen de agregado fino.

$$\% \text{ en Vol. de Ag. Fino} = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

Donde:

$$A: \% \text{ de A. Fino que pasa la malla N}^\circ 4 = 100 \%$$

$$B: \% \text{ de A. Grueso que pasa la malla N}^\circ 4 = 0 \%$$

$$C: \% \text{ de agregado que pasa la malla N}^\circ 4:$$

$$C = 100 \times \sqrt{\frac{d}{TM}}$$

$$d: \text{Abertura de malla de referencia (malla N}^\circ 4) = 4.760 \text{ mm}$$

$$T.M.: \text{Tamaño máximo del agregado grueso} = 25.400 \text{ mm}$$

$$C = 100 \times \sqrt{\frac{4.760}{25.400}} = 43.290$$

El porcentaje de agregado que pasa la N° 4 resulta: **C = 43.290**

Conociendo las constantes, determinamos el volumen absoluto de agregado fino:

$$\% \text{ Vol. de Ag. Fino} = \frac{43.290 - 0}{100 - 0} \times 100$$

$$\% \text{ Vol. de Ag. Fino} = 43.29$$

Por lo tanto volumen absoluto de agregado fino es:

$$\text{Vol. absoluto Ag. Fino} = \frac{43.29 \times 0.645}{100}$$

Donde 0.645, es el volumen absoluto de agregados.

$$\text{Vol. absoluto Ag. Fino} = 0.279$$

12. Cálculo de volumen de agregado grueso.

$$\text{Vol. de Ag. Grueso} = 0.645 - 0.279$$

$$\text{Vol. de Ag. Grueso} = 0.366$$

13. Conociendo los pesos específicos de los agregados (**Tabla 32**) y los valores en los ítems 11 y 12, calculamos los pesos de los agregados:

Peso de agregado fino:

$$(0.279) \cdot (2.54) \cdot 1000 = 709 \text{ kg/m}^3$$

Peso de agregado grueso:

$$(0.366) \cdot (2.53) \cdot 1000 = 926 \text{ kg/m}^3$$

14. Cantidad de materiales para el concreto hidráulico de 210 kg/cm², **Tabla 33**.

Tabla 33

Dosificación en seco, para concreto 210 kg/cm² (Método Fuller)

| Agregado | Dosificación en Kg/m ³ |
|------------------|-----------------------------------|
| Cemento | 374 |
| Agua | 205 |
| Agregado. Grueso | 926 |
| Agregado. Fino | 709 |
| Aire | 2.0 % |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 34** se muestra la dosificación de materiales para el concreto con canto rodado, donde se usó el Método de Diseño de Mezclas ACI; de la misma forma en la **Tabla 35** y **Tabla 36** se muestran la dosificación para concreto con piedra chancada, para el que se usó el Método de Diseño de Mezclas ACI y Método de Diseño de Mezclas Fuller.

3.2.3.1 Diseño de mezclas para concreto hidráulico con canto rodado.

Tabla 34

Dosificación para diseño con agregado natural (canto rodado), Método de diseño ACI

| Relación a/c | Cemento (kg/m ³) | Agua (kg/m ³) | Agregado grueso (kg/m ³) | Agregado fino (kg/m ³) | Aire (%) |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|
| 0.63 | 325 | 205 | 962 | 724 | 2 |
| 0.58 | 353 | 205 | 962 | 699 | 2 |
| 0.53 | 387 | 205 | 962 | 669 | 2 |
| 0.48 | 427 | 205 | 962 | 634 | 2 |
| 0.43 | 477 | 205 | 962 | 590 | 2 |
| 0.56 | 366 | 205 | 962 | 688 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.2 Diseño de mezclas para concreto hidráulico con piedra chancada

Tabla 35

Dosificación para diseño con agregado artificial (piedra chancada), Método de diseño ACI

| Relación a/c | Cemento (kg/m ³) | Agua (kg/m ³) | Agregado grueso (kg/m ³) | Agregado fino (kg/m ³) | Aire (%) |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|
| 0.63 | 325 | 205 | 880 | 796 | 2 |
| 0.58 | 353 | 205 | 880 | 774 | 2 |
| 0.53 | 387 | 205 | 880 | 744 | 2 |
| 0.48 | 427 | 205 | 880 | 709 | 2 |
| 0.43 | 477 | 205 | 880 | 665 | 2 |
| 0.56 | 366 | 205 | 880 | 763 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Dosificación para diseño con agregado artificial (piedra chancada), Método de diseño Fuller

| Relación a/c | Cemento (kg/m ³) | Agua (kg/m ³) | Agregado grueso (kg/m ³) | Agregado fino (kg/m ³) | Aire (%) |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|
| 0.626 | 327 | 205 | 949 | 727 | 2 |
| 0.570 | 360 | 205 | 933 | 715 | 2 |
| 0.522 | 392 | 205 | 917 | 702 | 2 |
| 0.482 | 425 | 205 | 900 | 690 | 2 |
| 0.435 | 472 | 205 | 877 | 672 | 2 |
| 0.549 | 374 | 205 | 926 | 709 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Durante el desarrollo de esta investigación se ha observado que las resistencias a la compresión del concreto hidráulico con piedra chancada fueron menores a las estimadas, esto debido al método de diseño de mezclas usado, que en principio se usó el Método de diseño ACI, posteriormente se determinó que el método Fuller es mejor.

5.2.4 Elaboración de probetas de concreto.

Para la elaboración de las probetas de concreto, para cada relación agua-cemento, se determinó el peso de los materiales para 06 briquetas de las dosificaciones calculadas.

El proceso de mezclado del concreto se hizo de forma manual, usando una carretilla y dos palas, como se muestra en la **Figura 24**. Se mezcló el concreto de forma manual ya que el laboratorio de la carrera no cuenta con una mezcladora en condiciones para su uso.



Figura 24. Mezclado de concreto de forma manual

Fuente: Elaboración propia.

Las probetas de concreto hidráulico se elaboraron en moldes de 6" de base y 12" de altura, conforme a lo establecido en la NTP 339.033, los moldes de acero inoxidable fueron cunbiertos con petroleo (ver **Figura 25**).



Figura 25. Moldes de briquetas de 6"x12"

Fuente: Elaboración propia.

Para el moldeo de cada briqueta se llenó 3 capas, distribuidas de forma uniforme, en seguida se compactó cada capa con 25 golpes con ayuda de una varilla, para posteriormente liberar los vacíos golpeando en cada capa con una comba de goma y finalmente en la última capa se enrazó con la varilla, para hacer el acabado de la briqueta con un badilejo (**Figura 26**).



Figura 26. Moldeo y acabado de briquetas

Fuente: Elaboración propia.

Una vez culminado el proceso de moldeo de las briquetas, deben ser cubiertas los extremos superiores de las briquetas, para evitar la pérdida de humedad, como se muestra en la **Figura 27**. El procedimiento se encuentra establecido en la NTP 339.213.



Figura 27. Briquetas cubiertas con bolsas para evitar pérdida de humedad

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la elaboración de las briquetas, son desmoladas a las 23 horas un grupo de 3 briquetas para el curado acelerado y el segundo grupo a las 24 horas para el curado normal.

teniendo en cuenta que el curado acelerado establecida en la NTP 559.213 tiene una duración de 28 horas y 30 minutos aproximadamente, se ha desarrollado un programa de trabajo, donde se establece que las actividades de martes a viernes 8:30 a 11:00 horas se desarrolla el calentamiento del agua en el equipo, de 11:00 a 12:00 horas la elaboración de briquetas, 11:00 a 14:30 horas curado acelerado de briquetas y 14:30 a 16:00 horas el desmoldado y enfriamiento de briquetas y de 16:00 a 16:30 el ensayo de resistencia a la compresión. En la **Tabla 37** se observa el programa de trabajo típico semanal.

Tabla 37

Programa de trabajo típico semanal

| LUNES | |
|-----------------|---|
| Hora | Actividad |
| 11:00 - 12:00 | Elaboración de probetas. |
| MARTES A JUEVES | |
| Hora | Actividad |
| 08:00 - 08:30 | Llenado de agua al tanque de curado y revisión de fallas. |
| 08:30 - 09:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 09:00 - 10:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 10:00 - 11:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 11:00 - 12:00 | a. Elaboración de probetas. b. Curado acelerado de briquetas elaborados el día anterior. |
| 12:00 - 13:00 | Curado acelerado de briquetas. |
| 13:00 - 14:00 | Curado acelerado de briquetas. |
| 14:00 - 14:30 | Curado acelerado de briquetas. |
| 14:30 - 16:00 | Desmoldado y enfriamiento de briquetas. |
| 16:00 - 16:30 | Ensayo de resistencia a compresión de briquetas. |
| VIERNES | |
| Hora | Actividad |
| 07:00 - 08:00 | Llenado de agua al tanque de curado y revisión de fallas. |
| 08:00 - 09:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 09:00 - 10:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 10:00 - 11:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 11:00 - 12:00 | Precalentado de agua en Tanque de Curado Acelerado. |
| 12:00 - 13:00 | Curado acelerado de briquetas elaborados el día anterior. |
| 13:00 - 14:00 | Curado acelerado de briquetas. |
| 14:00 - 15:00 | Curado acelerado de briquetas. |
| 15:00 - 15:30 | Curado acelerado de briquetas. |
| 15:30 - 17:00 | Desmoldado y enfriamiento de briquetas. |
| 17:00 - 18:00 | Ensayo de resistencia a compresión de briquetas. |

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 Revenimiento Del Concreto.

Es importante monitorear la consistencia del concreto para obtener una trabajabilidad adecuada. “La muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto” (NTP 339.035, 2009). Se requiere un Molde con forma de tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulgadas) en la base inferior, un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas), como se muestra en la **Figura 28**; una barra compactadora; dispositivo de medida y un cucharón.

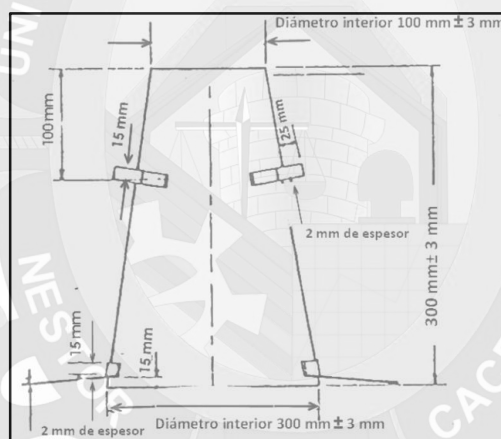


Figura 28. Dimensiones de molde para el ensayo de asentamiento

Fuente: NTP 339.035, 2009.

El asentamiento asignado para los diversos diseños es de 3” a 4”, la consistencia plástica fue considerada porque es uno de los asentamientos más comunes.

El procedimiento para controlar el asentamiento es: Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando las aletas, manteniendo limpio el perímetro, se llena el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde. Se coloca el concreto en el molde

usando el cuenaron, compactando cada capa aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa (véase **Figura 29**).



Figura 29. Varillado de concreto para el control de asentamiento

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que se asienta. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se mide inmediatamente el asentamiento (**Figura 30**), determinando por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.



Figura 30. Control de asentamiento (3'' a 4'')

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Curado De Probetas De Concreto Hidráulico

3.2.6.1 Curado de probetas por el método estándar.

Una vez elaborado las probetas de concreto, se colocan en una superficie nivelada. Transcurrido las 24 horas, las briquetas son desmoldadas de forma que puedan evitarse daños o desprendimientos de mortero. Luego de retirar los moldes marcar el espécimen del ensayo para identificarlo plenamente. Como se muestra en la **Figura 31**, las briquetas son etiquetadas apropiadamente en el exterior la información ellos representan. Usar un método que no altere la superficie del concreto.



Figura 31. Etiquetado de probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia.

Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, usando agua de los tanques de almacenamientos, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3 gr/lit, (ver **Figura 32**).



Figura 32. Curado estándar de briquetas

Fuente: Elaboración propia.2

Y finalmente, transcurrido los 28 días de curado en la poza, son retirados para el ensayo de resistencia a la compresión, **Figura 33.**



Figura 33. Secado de briquetas

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6.2 Curado de probetas por el método acelerado usando agua en ebullición.

Figura 34, el calentado de 120 litros de agua con 03 resistencias eléctricas de 2000 watts, puede tardar hasta 3 horas con 30 minutos hasta llegar a la temperatura de ebullición (la temperatura de ebullición en la ciudad de Juliaca es de 89 a 90 °C).



Figura 34. Calentado de agua en el Tanque de Curado Acelerado

Fuente: Elaboración propia.

Los moldes fueron cubiertos con placas rígidas para evitar la pérdida de mortero durante el ensayo de curado acelerado y se elaboraron unas canastillas de alambre para su introducción en el Tanque de Curado Acelerado, **Figura 35.**



Figura 35. Moldes cubiertos con placas rígidas

Fuente: Elaboración propia.

A las $23 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$ después del moldeo, colocar los moldes cubiertos en el tanque de curado acelerado como se muestra en la **Figura 36.** Mantener la temperatura del agua hirviendo al tiempo de inmersión y a través del periodo de curado.



Figura 36. Introducción de moldes en el Tanque de Curado Acelerado

Fuente: Elaboración propia.

Las probetas de concreto deben estar sumergidas a 0.10 m del espejo de agua, a 0.10 m. de distancia entre briquetas y 0.05 m. de la pared del tanque como se muestra en la **Figura 37**. La temperatura del agua de curado es controlada periódicamente a través del periodo de curado.



Figura 37. Briquetas sumergidas en el Tanque de Curado Acelerado

Fuente: Elaboración propia.

Una vez completado el curado acelerado durante 3 horas y 30 minutos, los moldes son retirados del interior del Tanque de Curado Acelerado, como se muestra en la **Figura 38**, para el enfriamiento a temperatura durante 1 hora mínimo.

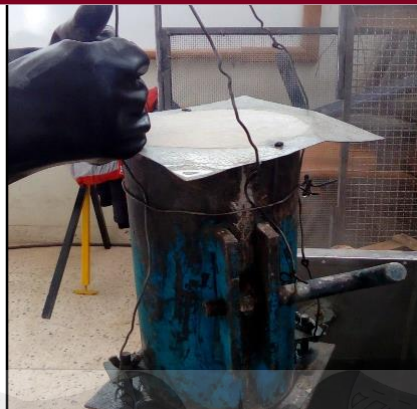


Figura 38. Extracción de briquetas de Tanque de Curado Acelerado

Fuente: Elaboración propia.

Una vez extraídas los moldes del tanque de curado, son desmoldadas de forma que puedan evitarse daños o desprendimientos de mortero (Ver **Figura 39**). El tiempo de enfriado estimado antes de la rotura, según la norma 339.213, es de una hora con 30 minutos.



Figura 39. Enfriado de briqueta, durante 1 hora y 15 minutos

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Resistencia A La Compresión De Probetas De Concreto Hidráulico

La norma NTP 339.034 expone que “el ensayo de resistencia a la compresión, consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados, a una velocidad normalizada en rango prescrito mientras ocurre la falla” (ver **Figura 40**).

El laboratorio de suelos y concreto de la universidad cuenta con una prensa hidráulica que cuenta con tapas de almohadillas de neopreno, evitando que los bloques de concreto se haga un refrentado con mortero de azufre.



Figura 40. Ensayo de resistencia a la compresión en proceso

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre la sección recta de la probeta.

Capítulo IV

Análisis E Interpretación De Resultados

4.1 Recolección De Datos

Se realizó la recolección de los datos de resistencia a la compresión de las diferentes briquetas de concreto hidráulico con canto rodado y piedra chancada, los resultados se observan en la **Tabla 39** y **Tabla 40**.

Las resistencias del concreto hidráulico con canto rodado y piedra chancada, están dadas por diferentes relaciones agua-cemento (ver **Tabla 38**), con la finalidad de obtener puntos de dispersión, así como lo establece la norma NTP 339.213.

Tabla 38

Relación agua-cemento usadas y resistencias estimadas por el Método ACI y Fuller

| Relación Agua-cemento (ACI) | Relación Agua-cemento (Fuller) | Resistencia Estimada (kg/cm ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 0.63 | 0.626 | 173.75 |
| 0.58 | 0.570 | 208.57 |
| 0.53 | 0.522 | 230.29 |
| 0.48 | 0.482 | 266.00 |
| 0.43 | 0.435 | 316.00 |
| 0.56 | 0.549 | 210.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Las relaciones agua-cemento: 0.63, 0.58, 0.53, 0.48, 0.43, fueron seleccionados para obtener los puntos de dispersión, y la relación agua-cemento 0.56 (210 kg/cm²) con la finalidad de comprobar el método de curado acelerado.

4.1.1 Recolección de datos de concreto hidráulico con canto rodado.

Tabla 39

Resistencia a la compresión de briquetas con agregado natural (canto rodado)

| Número de Probeta | Relación a/c | Tipo de Curado | Diámetro Promedio (cm) | Área Efectiva (cm ²) | Carga (Kgf) | Resistencia Compresión (f'c)(kg/cm ²) |
|-------------------|--------------|----------------|------------------------|----------------------------------|-------------|---|
| 1 | 0.63 | Acelerado | 14.85 | 173.20 | 21230 | 122.58 |
| 2 | 0.63 | Acelerado | 14.79 | 171.80 | 20720 | 120.60 |
| 3 | 0.63 | Acelerado | 14.86 | 173.43 | 19170 | 110.53* |
| 4 | 0.63 | Estándar | 14.85 | 173.20 | 31430 | 181.47* |
| 5 | 0.63 | Estándar | 14.85 | 173.20 | 33930 | 195.90 |
| 6 | 0.63 | Estándar | 14.86 | 173.43 | 34350 | 198.06 |
| 7 | 0.58 | Acelerado | 14.92 | 174.83 | 19140 | 109.47* |
| 8 | 0.58 | Acelerado | 14.88 | 173.90 | 21580 | 124.10 |
| 9 | 0.58 | Acelerado | 14.90 | 174.37 | 21920 | 125.71 |
| 10 | 0.58 | Estándar | 14.94 | 175.30 | 35970 | 205.19 |
| 11 | 0.58 | Estándar | 14.84 | 172.96 | 33810 | 195.47 |
| 12 | 0.58 | Estándar | 14.89 | 174.13 | 34990 | 200.94 |
| 13 | 0.53 | Acelerado | 14.96 | 175.77 | 30370 | 172.78 |
| 14 | 0.53 | Acelerado | 14.88 | 173.90 | 28430 | 163.49 |
| 15 | 0.53 | Acelerado | 14.90 | 174.37 | 22940 | 131.56* |
| 16 | 0.53 | Estándar | 14.85 | 173.20 | 50110 | 289.32 |
| 17 | 0.53 | Estándar | 14.89 | 174.13 | 48980 | 281.28 |
| 18 | 0.53 | Estándar | 14.88 | 173.90 | 31640 | 181.95* |
| 19 | 0.48 | Acelerado | 14.91 | 174.60 | 26440 | 151.43 |
| 20 | 0.48 | Acelerado | 14.97 | 176.01 | 26820 | 152.38 |
| 21 | 0.48 | Acelerado | 14.92 | 174.83 | 27850 | 159.29 |
| 22 | 0.48 | Estándar | 14.84 | 172.96 | 51760 | 299.25 |
| 23 | 0.48 | Estándar | 14.79 | 171.80 | 44550 | 259.31* |
| 24 | 0.48 | Estándar | 14.88 | 173.90 | 51690 | 297.24 |
| 25 | 0.43 | Acelerado | 14.88 | 173.90 | 25210 | 144.97* |
| 26 | 0.43 | Acelerado | 14.89 | 174.13 | 29560 | 169.76 |
| 27 | 0.43 | Acelerado | 14.86 | 173.43 | 28210 | 162.66 |
| 28 | 0.43 | Estándar | 14.83 | 172.73 | 59870 | 346.61* |
| 29 | 0.43 | Estándar | 14.63 | 168.10 | 52070 | 309.75 |
| 30 | 0.43 | Estándar | 14.85 | 173.20 | 42500 | 245.38* |
| 31 | 0.56 | Acelerado | 15.02 | 177.19 | 22810 | 128.73 |
| 32 | 0.56 | Acelerado | 14.8 | 172.03 | 20990 | 122.01 |
| 33 | 0.56 | Acelerado | 15.01 | 176.95 | 22880 | 129.30 |
| 34 | 0.56 | Estándar | 15.12 | 179.55 | 40090 | 223.28* |
| 35 | 0.56 | Estándar | 14.91 | 174.60 | 33900 | 194.16* |
| 36 | 0.56 | Estándar | 14.82 | 172.50 | 36360 | 210.78 |

Fuente: Elaboración propia.

(*) Valores de resistencia a la compresión desestimados según lo indicado en la norma NTP 339.034 y NTP 339.213.

4.1.2 Recolección de datos de concreto hidráulico con piedra chancada.

Tabla 40

Resistencia a la compresión de briquetas con agregado artificial (piedra chancada)

| Número de Probeta | Relación a/c | Tipo de Curado | Diámetro Promedio (cm) | Área Efectiva (cm ²) | Carga (Kgf) | Resistencia Compresión (f'c) (kg/cm ²) |
|-------------------|--------------|----------------|------------------------|----------------------------------|-------------|--|
| 1 | 0.63 | Acelerado | 14.80 | 172.03 | 15450 | 89.81 |
| 2 | 0.63 | Acelerado | 14.81 | 172.27 | 17480 | 101.47* |
| 3 | 0.63 | Acelerado | 14.88 | 173.90 | 15280 | 87.87 |
| 4 | 0.63 | Estándar | 14.82 | 172.50 | 30700 | 177.97 |
| 5 | 0.63 | Estándar | 14.93 | 175.07 | 32390 | 185.01 |
| 6 | 0.63 | Estándar | 14.86 | 173.43 | 33900 | 195.47* |
| 7 | 0.58 | Acelerado | 14.95 | 175.54 | 19970 | 113.76 |
| 8 | 0.58 | Acelerado | 14.85 | 173.20 | 19300 | 111.43 |
| 9 | 0.58 | Acelerado | 14.87 | 173.66 | 20650 | 118.91 |
| 10 | 0.58 | Estándar | 14.81 | 172.27 | 28290 | 164.22* |
| 11 | 0.58 | Estándar | 14.81 | 172.27 | 33940 | 197.02 |
| 12 | 0.58 | Estándar | 14.93 | 175.07 | 35630 | 203.52 |
| 13 | 0.53 | Acelerado | 14.85 | 173.20 | 19510 | 112.65 |
| 14 | 0.53 | Acelerado | 14.89 | 174.13 | 17960 | 103.14* |
| 15 | 0.53 | Acelerado | 14.91 | 174.60 | 24620 | 141.01* |
| 16 | 0.53 | Estándar | 14.87 | 173.66 | 33360 | 192.09* |
| 17 | 0.53 | Estándar | 14.89 | 174.13 | 38360 | 220.29 |
| 18 | 0.53 | Estándar | 14.9 | 174.37 | 37390 | 214.43 |
| 19 | 0.48 | Acelerado | 15.12 | 179.55 | 30170 | 168.03* |
| 20 | 0.48 | Acelerado | 14.78 | 171.57 | 20480 | 119.37* |
| 21 | 0.48 | Acelerado | 14.7 | 169.72 | 24460 | 144.12 |
| 22 | 0.48 | Estándar | 14.81 | 172.27 | 41740 | 242.30 |
| 23 | 0.48 | Estándar | 14.9 | 174.37 | 43810 | 251.25 |
| 24 | 0.48 | Estándar | 14.88 | 173.90 | 39940 | 229.67* |
| 25 | 0.43 | Acelerado | 14.85 | 173.20 | 27700 | 159.93 |
| 26 | 0.43 | Acelerado | 14.78 | 171.57 | 25550 | 148.92 |
| 27 | 0.43 | Acelerado | 14.8 | 172.03 | 31070 | 180.60* |
| 28 | 0.43 | Estándar | 14.81 | 172.27 | 47390 | 275.10 |
| 29 | 0.43 | Estándar | 14.75 | 170.87 | 48490 | 283.78 |
| 30 | 0.43 | Estándar | 14.85 | 173.20 | 44010 | 254.10* |
| 31 | 0.56 | Acelerado | 15.05 | 177.89 | 17310 | 97.30* |
| 32 | 0.56 | Acelerado | 15.01 | 176.95 | 21390 | 120.88 |
| 33 | 0.56 | Acelerado | 14.85 | 173.20 | 19670 | 113.57 |
| 34 | 0.56 | Estándar | 14.84 | 172.96 | 34390 | 198.83 |
| 35 | 0.56 | Estándar | 14.90 | 174.37 | 37900 | 217.36* |
| 36 | 0.56 | Estándar | 14.88 | 173.90 | 33330 | 191.66 |

Fuente: Elaboración propia.

(*) Valores de resistencia a la compresión desestimados según lo indicado en la norma NTP 339.034 y NTP 339.213

Las áreas sombreadas en la **Tabla 39** y **Tabla 40**, son valores de resistencias a la compresión que han sido descartadas, ya que no cumplen con las condiciones exigidas en la norma NTP 339.034 y NTP 339.213.

4.2 Análisis De Datos Usando La Norma NTP 339.213

Se determinó el promedio de resistencias a la compresión de ambos grupos, en la **Tabla 41** se muestra el promedio de resistencias de diseño con agregado natural y en la **Tabla 42** el promedio de resistencias del diseño con agregado chancado.

En la NTP 339.213 precisa que para considerar el promedio de un grupo de especímenes de concreto con curado acelerado, no diferirán por más de 10,1% de su promedio de resistencias. De la misma forma la NTP 339.034 menciona que no debe tener valores mayores de 7.8% del promedio de resistencias.

Las condiciones precisadas en dichas normas peruanas no cumplieron para 4 especímenes sometidos a curado acelerado y para 7 especímenes de curado normal, del grupo de concreto con agregado de canto rodado; así mismo fueron descartados 7 testigos sometidos a curado acelerado y 6 probetas de curado normal, del grupo de concreto con agregado de piedra chancada. Por lo tanto los especímenes que cumplieron con las condiciones establecidas en las normas técnicas peruanas mencionadas, se consideraron para el promedio de resistencias a la compresión.

Tabla 41

Promedio de resistencia a compresión de concreto con agregado natural (canto rodado)

| Número de Relación a/c | Relación a/c | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²)(Acelerado) (Xi) | Porcentaje de Aceleramiento de Resistencia a la Compresión | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²) (Estándar) (Yi) |
|------------------------|--------------|---|--|---|
| 1 | 0.63 | 121.59 | 61.73% | 196.98 |
| 2 | 0.58 | 124.90 | 62.29% | 200.53 |
| 3 | 0.53 | 168.13 | 58.93% | 285.30 |
| 4 | 0.48 | 154.37 | 51.76% | 298.25 |
| 5 | 0.43 | 166.21 | 53.66% | 309.75 |
| 6 | 0.56 | 126.68 | 60.10% | 210.78 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Promedio de resistencias a compresión de concreto con agregado artificial (piedra chancada)

| Número de Relación a/c | Relación a/c | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm2)(Acelerado) (Xi) | Porcentaje de Aceleramiento de Resistencia a la Compresión | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm2) (Estándar) (Yi) |
|------------------------|--------------|--|--|--|
| 1 | 0.63 | 88.84 | 48.95% | 181.49 |
| 2 | 0.58 | 114.70 | 57.27% | 200.27 |
| 3 | 0.53 | 112.65 | 51.82% | 217.36 |
| 4 | 0.48 | 144.12 | 58.40% | 246.78 |
| 5 | 0.43 | 154.43 | 55.26% | 279.44 |
| 6 | 0.56 | 117.23 | 60.04% | 195.25 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado el promedio de resistencias a la compresión, los valores de resistencia a compresión en probetas a la edad de 28 ½ horas, las cuales se denominarán en adelante como los valores "X", también los valores de resistencia a compresión de las probetas a la edad de 28 días (curado estándar), las cuales se denominarán en adelante los valores "Y".

Se hace hincapié, que los valores "X" y "Y", son resultados de resistencia a compresión, obtenidos en probetas "hermanas" de la misma tanda de concreto, y formarán el par ordenado (X, Y), y que a partir de este instante adquieren especial importancia, por ser objetivo del presente estudio, establecer la mejor relación entre ellos mediante ecuaciones de regresión.

La norma NTP 339.213 recomienda la elección de una ecuación de regresión lineal en el uso de ensayos acelerados de resistencia, pero en el presente estudio, se analizarán además ecuaciones de regresión logarítmica, exponencial y de potencia. Se considerará la ecuación de regresión que mejor relacione los valores de "Xi" y "Yi", que se realiza por medio del coeficiente de correlación (R), que mide la confiabilidad de la relación entre "X" y "Y". El mejor valor para R es 1, los valores de $R > 0,8$, representan una confiabilidad excelente. Si

El coeficiente de la correlación está relativamente alejado de 1, las predicciones basadas en la ecuación serán menos confiables.

Para esta investigación primero se asumirá que la relación entre la resistencia con curado estándar (Y_i) y la resistencia acelerada (X_i) pueden ser representadas por una línea recta con la siguiente ecuación:

$$Y = a + b X$$

El intercepto, **a**, y la pendiente, **b**, de la línea recta son determinados usando el proceso ordinario de mínimos cuadrados:

$$b = S_{xy} / S_{xx}$$

$$a = \hat{Y} - b X$$

Donde:

$$S_{xy} = \sum((X_i - \bar{X})(Y_i - \hat{Y}))$$

$$S_{xx} = \sum((X_i - \bar{X})^2)$$

$$S_{yy} = \sum((Y_i - \bar{Y})^2)$$

$$\bar{X} = \sum(X_i)/n$$

$$\hat{Y} = \sum(Y_i)/n$$

Sabiendo que:

\bar{X} e \bar{Y} son el promedio de resistencias de briquetas de curado estándar y acelerado.

“ \bar{X} ” y “ \bar{Y} ”: son promedios generales de las resistencias a la compresión.

Aplicando estas ecuaciones, se obtienen los siguientes resultados:

Valores para concreto con canto rodado:

Tabla 43

Valores para determinar la ecuación de correlación lineal para canto rodado

| (Xi-X) | (Yi-Y) | (Xi-X)(Yi-Y) | (Xi-X) ² | (Yi-Y) ² |
|----------|----------|--------------|---------------------|---------------------|
| -25.45 | -61.18 | 1557.03 | 647.70 | 3743.03 |
| -22.14 | -57.63 | 1275.71 | 490.03 | 3321.13 |
| 21.09 | 27.14 | 572.42 | 444.89 | 736.52 |
| 7.33 | 40.08 | 293.72 | 53.69 | 1606.78 |
| 19.17 | 51.59 | 988.73 | 367.36 | 2661.12 |
| X | Y | Sxy | Sxx | Syy |
| 147.04 | 258.16 | 4687.62 | 2003.66 | 12068.58 |

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 N &= 5 \\
 X &= 147.0404 \text{ Kg/cm}^2 \\
 Y &= 258.1624 \text{ Kg/cm}^2 \\
 S_{xy} &= 4687.6200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2 \\
 S_{xx} &= 2003.6626 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2 \\
 S_{yy} &= 12068.5807 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2 \\
 B &= 2.3395 \\
 A &= -85.8425 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Entonces la ecuación de la relación entre la resistencia acelerada (X) y la resistencia a curado estándar (Y) es como sigue:

$$Y = 2.3395X - 85.8425$$

Valores para concreto con piedra chancada.

Tabla 44

Valores para determinar la ecuación de correlación lineal para piedra chancada

| (Xi-X) | (Yi-Y) | (Xi-X)(Yi-Y) | (Xi-X) ² | (Yi-Y) ² |
|----------|----------|--------------|---------------------|---------------------|
| -34.11 | -43.58 | 1486.32 | 1163.43 | 1898.82 |
| -8.25 | -24.80 | 204.46 | 67.98 | 614.93 |
| -10.30 | -7.70 | 79.37 | 106.11 | 59.36 |
| 21.18 | 21.71 | 459.69 | 448.42 | 471.25 |
| 31.48 | 54.37 | 1711.53 | 990.95 | 2956.07 |
| X | Y | Sxy | Sxx | Syy |
| 122.95 | 225.07 | 3941.36 | 2776.89 | 6000.43 |

Fuente: Elaboración propia.

$$n = 5$$

$$X = 122.95 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Y = 225.07 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{xy} = 3941.36 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2$$

$$S_{xx} = 2776.89 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2$$

$$S_{yy} = 6000.43 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^2$$

$$b = 1.42$$

$$a = 50.56 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces la ecuación de la relación entre la resistencia acelerada (X) y la resistencia de curado estándar (Y), es como sigue:

$$Y = 50.56 + 1.42X$$

La desviación residual estándar, Se , de la mejor línea está dada por la siguiente formula:

$$Se = \sqrt{\frac{1}{n-2} * (S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}})}$$

- Desviación estándar para concreto con canto rodado:

$$Se = 19.16$$

- Desviación estándar para concreto con piedra chancada:

$$Se = 11.64$$

La norma 339.213 precisa que debido a las incertidumbres en las estimaciones de la pendiente y el intercepto de la línea, es que será incierta cuando la línea es usada para estimar el promedio de resistencia con curado estándar de una medida de resistencia acelerada. Estas incertidumbres pueden ser expresadas por construcción con 90 % de banda de confianza. Esta banda es obtenida por cálculo de Y_i para valores seleccionados de X_i usando la ecuación de la

línea y proteando $\pm Wi$, versus X_i . El término Wi es el ancho medio de la banda de confianza a X_i y está dado por la siguiente ecuación:

$$Wi = S_e * \sqrt{2F} * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - X)^2}{S_{xx}}}$$

Donde:

S_e = Desviación residual estándar para la mejor línea.

F = Valor de la distribución F de la tabla de Fisher, para 2 y $n-2$ grados de libertad, para 90% de confiabilidad. $V_1 = 2$ y $V_2 = n - 2$.

n = Número de puntos data usados para establecer la regresión de la línea.

X_i = Valor seleccionado de la resistencia acelerada, Y .

X = Valor promedio de resistencia acelerada para todos los datos usados para establecer la línea de regresión.

Se determina el valor de F , en la tabla de Fisher, para canto rodado y piedra chancada: $F = 5.462$



Tabla 45

Valores de F de la distribución F de Fisher

1 - a = 0.9

n₁ = grados de libertad del numerador

1 - a = P (F ≤ f_{a,n₁,n₂})

n₂ = grados de libertad del denominador

| n ₂ \ n ₁ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 39.864 | 49.500 | 53.593 | 55.833 | 57.240 | 58.204 | 58.906 | 59.439 | 59.857 | 60.195 | 60.473 | 60.705 | 60.902 | 61.073 | 61.220 | 61.350 | 61.465 | 61.566 | 61.658 | 61.740 |
| 2 | 8.526 | 9.000 | 9.162 | 9.243 | 9.293 | 9.326 | 9.349 | 9.367 | 9.381 | 9.392 | 9.401 | 9.408 | 9.415 | 9.420 | 9.425 | 9.429 | 9.433 | 9.436 | 9.439 | 9.441 |
| 3 | 5.538 | 5.462 | 5.391 | 5.343 | 5.309 | 5.285 | 5.266 | 5.252 | 5.240 | 5.230 | 5.222 | 5.216 | 5.210 | 5.205 | 5.200 | 5.196 | 5.193 | 5.190 | 5.187 | 5.184 |
| 4 | 4.545 | 4.325 | 4.191 | 4.107 | 4.051 | 4.010 | 3.979 | 3.955 | 3.936 | 3.920 | 3.907 | 3.896 | 3.886 | 3.878 | 3.870 | 3.864 | 3.858 | 3.853 | 3.848 | 3.844 |
| 5 | 4.060 | 3.780 | 3.619 | 3.520 | 3.453 | 3.405 | 3.368 | 3.339 | 3.316 | 3.297 | 3.282 | 3.268 | 3.257 | 3.247 | 3.238 | 3.230 | 3.223 | 3.217 | 3.212 | 3.207 |
| 6 | 3.776 | 3.463 | 3.289 | 3.181 | 3.108 | 3.055 | 3.014 | 2.983 | 2.958 | 2.937 | 2.920 | 2.905 | 2.892 | 2.881 | 2.871 | 2.863 | 2.855 | 2.848 | 2.842 | 2.836 |
| 7 | 3.589 | 3.257 | 3.074 | 2.961 | 2.883 | 2.827 | 2.785 | 2.752 | 2.725 | 2.703 | 2.684 | 2.668 | 2.654 | 2.643 | 2.632 | 2.623 | 2.615 | 2.607 | 2.601 | 2.595 |
| 8 | 3.458 | 3.113 | 2.924 | 2.806 | 2.726 | 2.668 | 2.624 | 2.589 | 2.561 | 2.538 | 2.519 | 2.502 | 2.488 | 2.475 | 2.464 | 2.454 | 2.446 | 2.438 | 2.431 | 2.425 |
| 9 | 3.360 | 3.006 | 2.813 | 2.693 | 2.611 | 2.551 | 2.505 | 2.469 | 2.440 | 2.416 | 2.396 | 2.379 | 2.364 | 2.351 | 2.340 | 2.330 | 2.320 | 2.312 | 2.305 | 2.298 |
| 10 | 3.285 | 2.924 | 2.728 | 2.605 | 2.522 | 2.461 | 2.414 | 2.377 | 2.347 | 2.323 | 2.302 | 2.284 | 2.269 | 2.255 | 2.244 | 2.233 | 2.224 | 2.215 | 2.208 | 2.201 |
| 11 | 3.225 | 2.860 | 2.660 | 2.536 | 2.451 | 2.389 | 2.342 | 2.304 | 2.274 | 2.248 | 2.227 | 2.209 | 2.193 | 2.179 | 2.167 | 2.156 | 2.147 | 2.138 | 2.130 | 2.123 |
| 12 | 3.177 | 2.807 | 2.606 | 2.480 | 2.394 | 2.331 | 2.283 | 2.245 | 2.214 | 2.188 | 2.166 | 2.147 | 2.131 | 2.117 | 2.105 | 2.094 | 2.084 | 2.075 | 2.067 | 2.060 |
| 13 | 3.136 | 2.763 | 2.560 | 2.434 | 2.347 | 2.283 | 2.234 | 2.195 | 2.164 | 2.138 | 2.116 | 2.097 | 2.080 | 2.066 | 2.053 | 2.042 | 2.032 | 2.023 | 2.014 | 2.007 |
| 14 | 3.102 | 2.726 | 2.522 | 2.395 | 2.307 | 2.243 | 2.193 | 2.154 | 2.122 | 2.095 | 2.073 | 2.054 | 2.037 | 2.022 | 2.010 | 1.998 | 1.988 | 1.978 | 1.970 | 1.962 |
| 15 | 3.073 | 2.695 | 2.490 | 2.361 | 2.273 | 2.208 | 2.158 | 2.119 | 2.086 | 2.059 | 2.037 | 2.017 | 2.000 | 1.985 | 1.972 | 1.961 | 1.950 | 1.941 | 1.932 | 1.924 |
| 16 | 3.048 | 2.668 | 2.462 | 2.333 | 2.244 | 2.178 | 2.128 | 2.088 | 2.055 | 2.028 | 2.005 | 1.985 | 1.968 | 1.953 | 1.940 | 1.928 | 1.917 | 1.908 | 1.899 | 1.891 |
| 17 | 3.026 | 2.645 | 2.437 | 2.308 | 2.218 | 2.152 | 2.102 | 2.061 | 2.028 | 2.001 | 1.978 | 1.958 | 1.940 | 1.925 | 1.912 | 1.900 | 1.889 | 1.879 | 1.870 | 1.862 |
| 18 | 3.007 | 2.624 | 2.416 | 2.286 | 2.196 | 2.130 | 2.079 | 2.038 | 2.005 | 1.977 | 1.954 | 1.933 | 1.916 | 1.900 | 1.887 | 1.875 | 1.864 | 1.854 | 1.845 | 1.837 |
| 19 | 2.990 | 2.606 | 2.397 | 2.266 | 2.176 | 2.109 | 2.058 | 2.017 | 1.984 | 1.956 | 1.932 | 1.912 | 1.894 | 1.878 | 1.865 | 1.852 | 1.841 | 1.831 | 1.822 | 1.814 |
| 20 | 2.975 | 2.589 | 2.380 | 2.249 | 2.158 | 2.091 | 2.040 | 1.999 | 1.965 | 1.937 | 1.913 | 1.892 | 1.875 | 1.859 | 1.845 | 1.833 | 1.821 | 1.811 | 1.802 | 1.794 |
| 21 | 2.961 | 2.575 | 2.365 | 2.233 | 2.142 | 2.075 | 2.023 | 1.982 | 1.948 | 1.920 | 1.896 | 1.875 | 1.857 | 1.841 | 1.827 | 1.815 | 1.803 | 1.793 | 1.784 | 1.776 |
| 22 | 2.949 | 2.561 | 2.351 | 2.219 | 2.128 | 2.060 | 2.008 | 1.967 | 1.933 | 1.904 | 1.880 | 1.859 | 1.841 | 1.825 | 1.811 | 1.798 | 1.787 | 1.777 | 1.768 | 1.759 |
| 23 | 2.937 | 2.549 | 2.339 | 2.207 | 2.115 | 2.047 | 1.995 | 1.953 | 1.919 | 1.890 | 1.866 | 1.845 | 1.827 | 1.811 | 1.796 | 1.784 | 1.772 | 1.762 | 1.753 | 1.744 |
| 24 | 2.927 | 2.538 | 2.327 | 2.195 | 2.103 | 2.035 | 1.983 | 1.941 | 1.906 | 1.877 | 1.853 | 1.832 | 1.814 | 1.797 | 1.783 | 1.770 | 1.759 | 1.748 | 1.739 | 1.730 |
| 25 | 2.918 | 2.528 | 2.317 | 2.184 | 2.092 | 2.024 | 1.971 | 1.929 | 1.895 | 1.866 | 1.841 | 1.820 | 1.802 | 1.785 | 1.771 | 1.758 | 1.746 | 1.736 | 1.726 | 1.718 |
| 26 | 2.909 | 2.519 | 2.307 | 2.174 | 2.082 | 2.014 | 1.961 | 1.919 | 1.884 | 1.855 | 1.830 | 1.809 | 1.790 | 1.774 | 1.760 | 1.747 | 1.735 | 1.724 | 1.715 | 1.706 |
| 27 | 2.901 | 2.511 | 2.299 | 2.165 | 2.073 | 2.005 | 1.952 | 1.909 | 1.874 | 1.845 | 1.820 | 1.799 | 1.780 | 1.764 | 1.749 | 1.736 | 1.724 | 1.714 | 1.704 | 1.695 |
| 28 | 2.894 | 2.503 | 2.291 | 2.157 | 2.064 | 1.996 | 1.943 | 1.900 | 1.865 | 1.836 | 1.811 | 1.790 | 1.771 | 1.754 | 1.740 | 1.726 | 1.715 | 1.704 | 1.694 | 1.685 |
| 29 | 2.887 | 2.495 | 2.283 | 2.149 | 2.057 | 1.988 | 1.935 | 1.892 | 1.857 | 1.827 | 1.802 | 1.781 | 1.762 | 1.745 | 1.731 | 1.717 | 1.705 | 1.695 | 1.685 | 1.676 |
| 30 | 2.881 | 2.489 | 2.276 | 2.142 | 2.049 | 1.980 | 1.927 | 1.884 | 1.849 | 1.819 | 1.794 | 1.773 | 1.754 | 1.737 | 1.722 | 1.709 | 1.697 | 1.686 | 1.676 | 1.667 |

Fuente: Irene Patricia Valdez y Alfaro

Los valores de intervalo de confianza de 90% como se estima en la norma NTP 339.213 se observan en la **Tabla 46** y **Tabla 47**, para ambos grupos de concreto hidráulico.

Tabla 46

Valores de intervalo de confianza de 90%, para concreto con canto rodado

| Relación a/c | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²) (Acelerado) | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²) (Estándar) | Resistencia Estimada (kg/cm ²) (Y) | Wi | Límite Inferior (Y-Wi) | Límite Superior (Y+Wi) |
|-----------------|---|--|---|-------|------------------------------|------------------------------|
| 0.63 | 121.59 | 196.98 | 173.75 | 45.82 | 127.93 | 219.57 |
| 0.58 | 124.90 | 200.53 | 208.57 | 42.23 | 166.34 | 250.80 |
| 0.53 | 168.13 | 285.30 | 230.29 | 41.15 | 189.14 | 271.44 |
| 0.48 | 154.37 | 298.25 | 266.00 | 30.18 | 235.82 | 296.18 |
| 0.43 | 166.21 | 309.75 | 316.00 | 39.22 | 276.78 | 355.22 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47

Valores de intervalo de confianza al 90%, para concreto con piedra chancada

| Relación a/c | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²) (Acelerado) | Promedio Resistencia Compresión f'c (kg/cm ²) (Estándar) | Resistencia Estimada (kg/cm ²) (Y) | Wi | Límite Inferior (Y-Wi) | Límite Superior (Y+Wi) |
|-----------------|---|--|---|-------|------------------------------|------------------------------|
| 0.63 | 88.84 | 181.49 | 173.75 | 30.26 | 143.49 | 204.01 |
| 0.58 | 114.70 | 200.27 | 208.57 | 18.22 | 190.35 | 226.79 |
| 0.53 | 112.65 | 217.36 | 230.29 | 18.77 | 211.52 | 249.06 |
| 0.48 | 144.12 | 246.78 | 266.00 | 23.13 | 242.87 | 289.13 |
| 0.43 | 154.43 | 279.44 | 316.00 | 28.70 | 287.30 | 344.70 |

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Resultados Y Gráficas

4.3.1 Gráficos de las ecuaciones de regresión.

La norma NTP 339.213 recomienda la elección de una ecuación de regresión lineal en el uso de ensayos acelerados de resistencia de probetas de concreto hidráulico, sin embargo, con la finalidad de verificar la propuesta de la norma, en el presente estudio, se analizarán además ecuaciones de regresión exponencial, logarítmica y de potencia.

Las ecuaciones de regresión en las cuatro alternativas: lineal, potencia, logarítmica y exponencial, se calculan empleando el método de los mínimos cuadrados, es decir, la curva

de aproximación respectiva de cada ecuación de regresión, tendrá la propiedad de que las distancias de los puntos (X, Y) a dicha curva de aproximación son mínimas.

4.3.1.1 Gráficos de las ecuaciones de regresión para concreto hidráulico con canto rodado.

A continuación se muestran los gráficos de regresión exponencial, lineal, logarítmica y potencial, para el canto rodado.

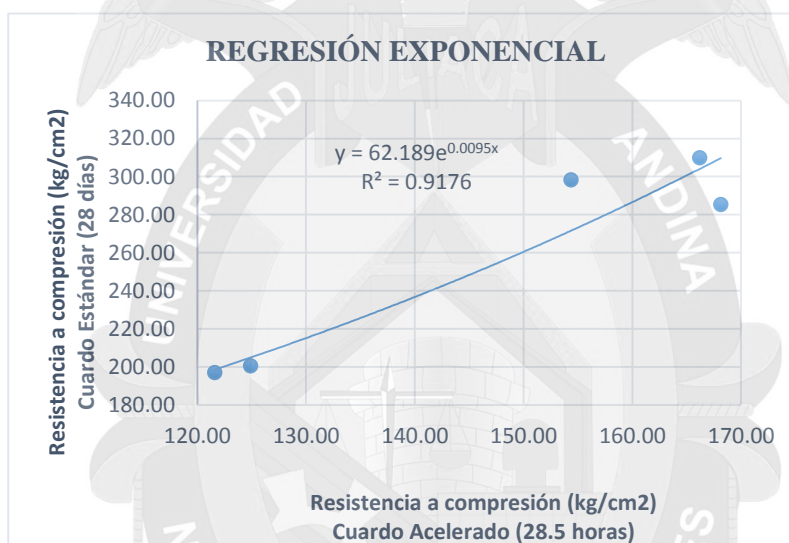


Figura 41. Gráfica de regresión exponencial para concreto con canto rodado

Figura: Elaboración propia.

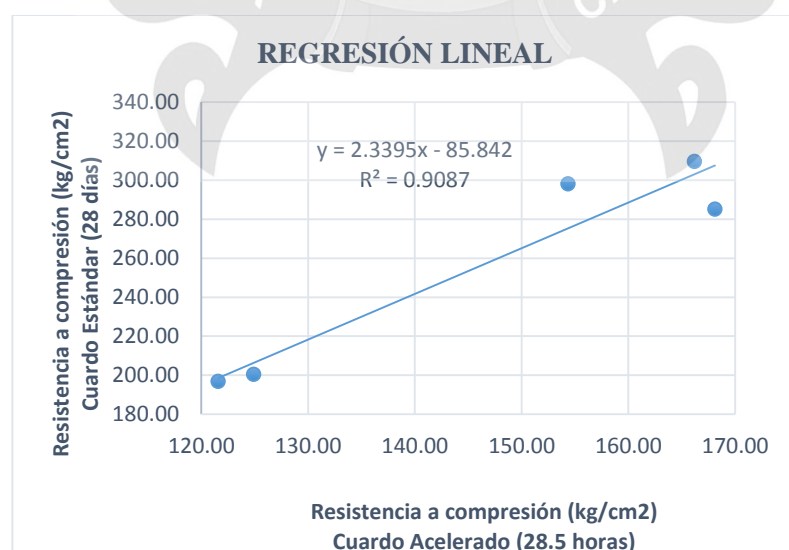


Figura 42. Gráfica de regresión lineal para concreto con canto rodado

Fuente: Elaboración propia.

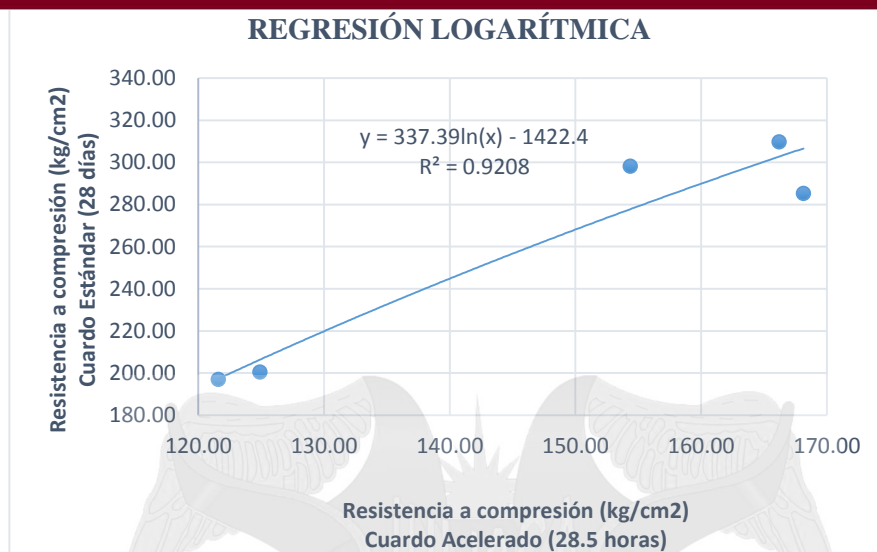


Figura 43. Gráfica de regresión logarítmica para concreto con canto rodado

Fuente: Elaboración propia.

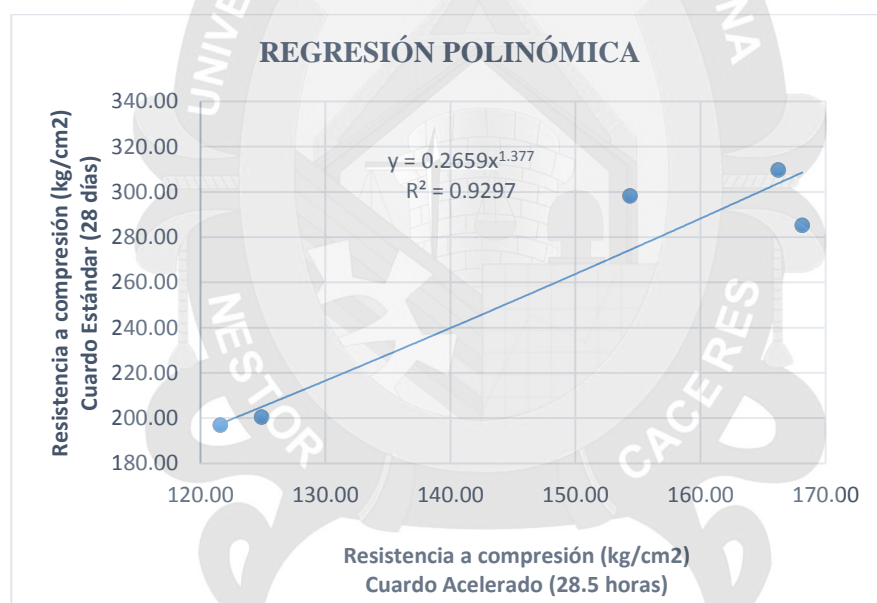


Figura 44. Gráfica de regresión potencial para concreto con canto rodado

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2 Gráficos de las ecuaciones de regresión para concreto hidráulico con piedra chancada.

Gráficos de regresión exponencial, lineal, logarítmica y potencial, para piedra chancada.

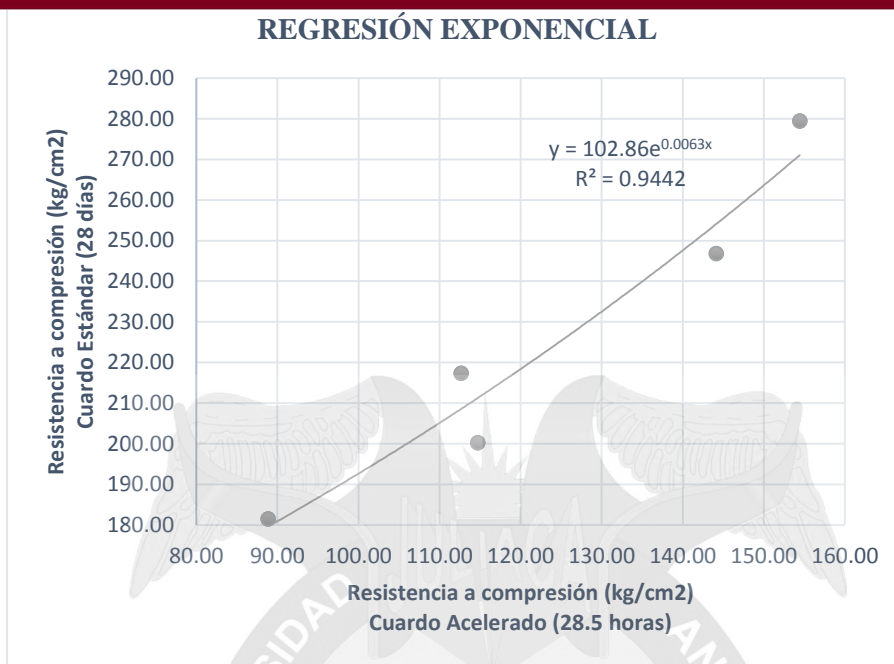


Figura 45. Gráfica de regresión exponencial para concreto con piedra chancada

Fuente: Elaboración propia.

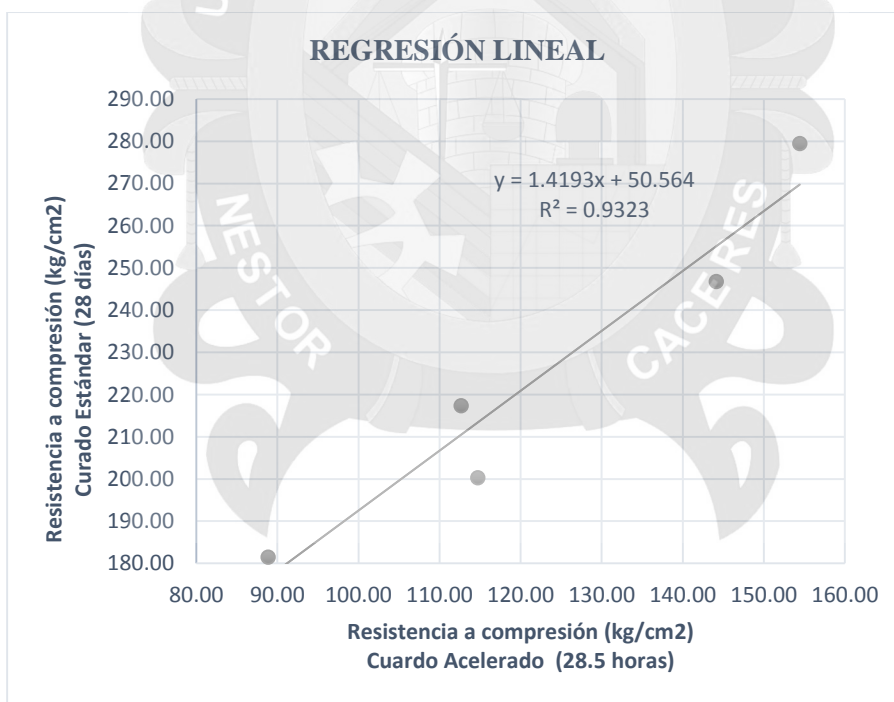


Figura 46. Gráfica de regresión lineal para concreto con piedra chancada

Fuente: Elaboración propia.

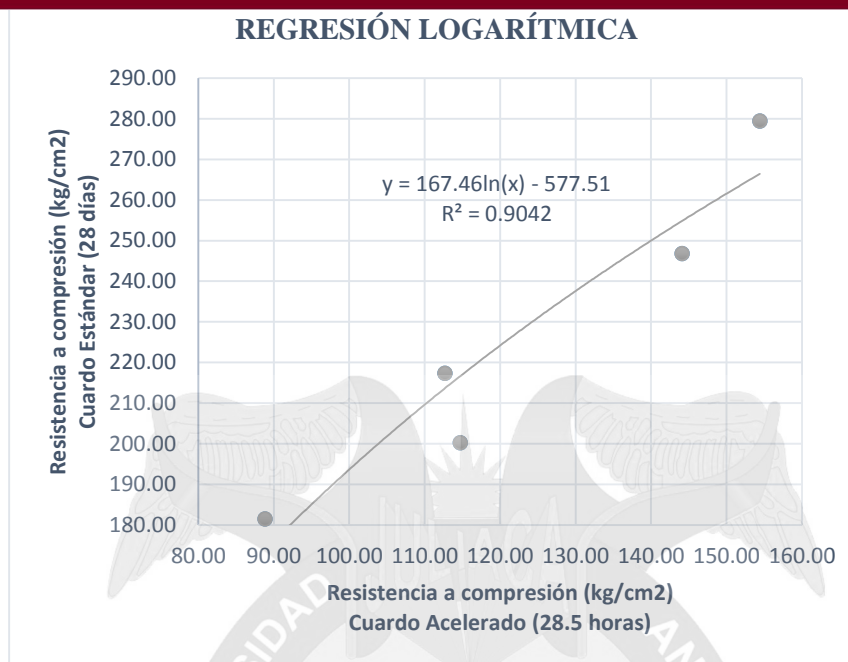


Figura 47. Gráfica de regresión logarítmica para concreto con piedra chancada

Fuente: Elaboración propia.

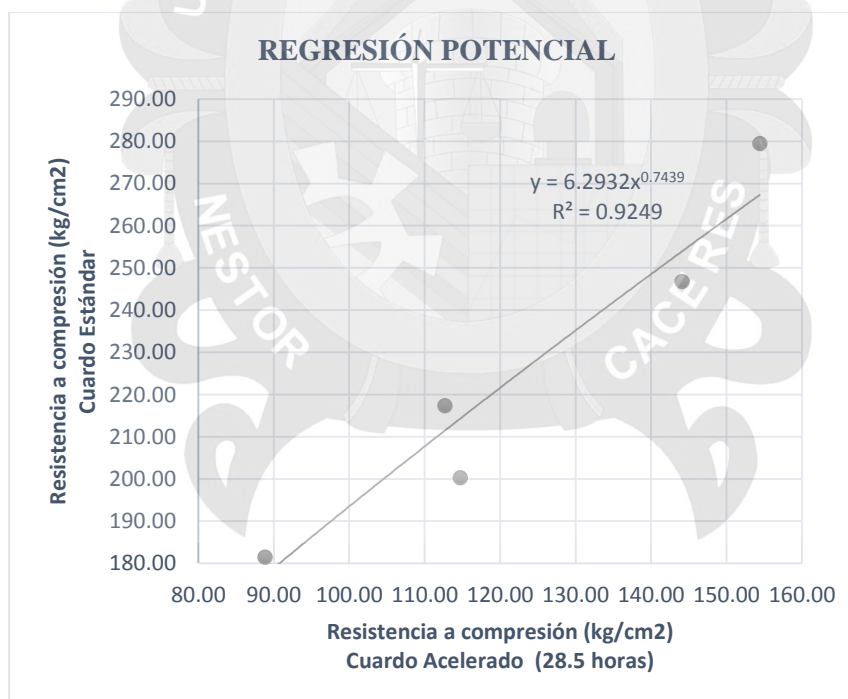


Figura 48. Gráfica de regresión potencial para concreto con piedra chancada

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Determinación de la mejor ecuación de regresión.

Para escoger la mejor ecuación de regresión, aplicaremos el criterio estadístico, de que a la mejor ecuación de regresión, le corresponde el coeficiente de correlación “más cercano a 1 y mayor de 0,8”.

4.3.2.1 Mejor ecuación de regresión para concreto hidráulico con canto rodado.

Así, de las 4 ecuaciones de regresión realizadas para el concreto con canto rodado, se determinó que la ecuación de regresión potencial:

$$Y = 0.2659 * X^{1.377}$$

Y: Resistencia a la compresión de concreto de 28 días.

X: Resistencia a la compresión de concreto de 28.5 horas.

Tiene el coeficiente de correlación $R^2 = 0.9297$, siendo éste el valor más cercano a 1.

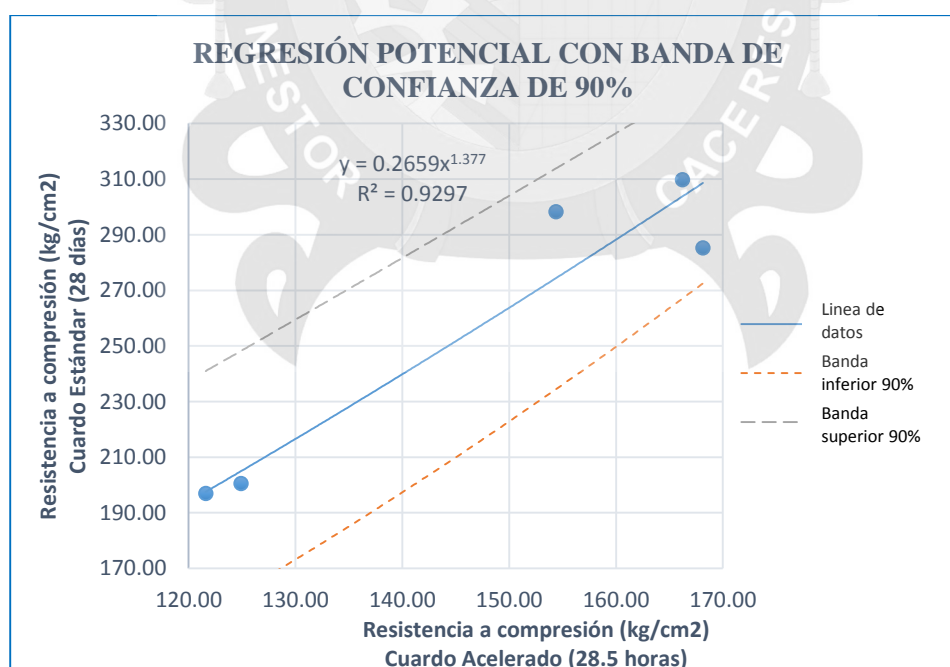


Figura 49. Mejor gráfica de regresión seleccionada para concreto con canto rodado con límites de confianza de 90%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2 Mejor ecuación de regresión para concreto hidráulico con piedra chancada.

Asimismo para el concreto con piedra chancada, la ecuación de regresión exponencial:

$$Y = 102.86e^{0.0063x}$$

Y: Resistencia a la compresión de concreto de 28 días.

X: Resistencia a la compresión de concreto de 28.5 horas.

Es la que tiene mejor coeficiente de correlación $R^2 = 0.9442$.

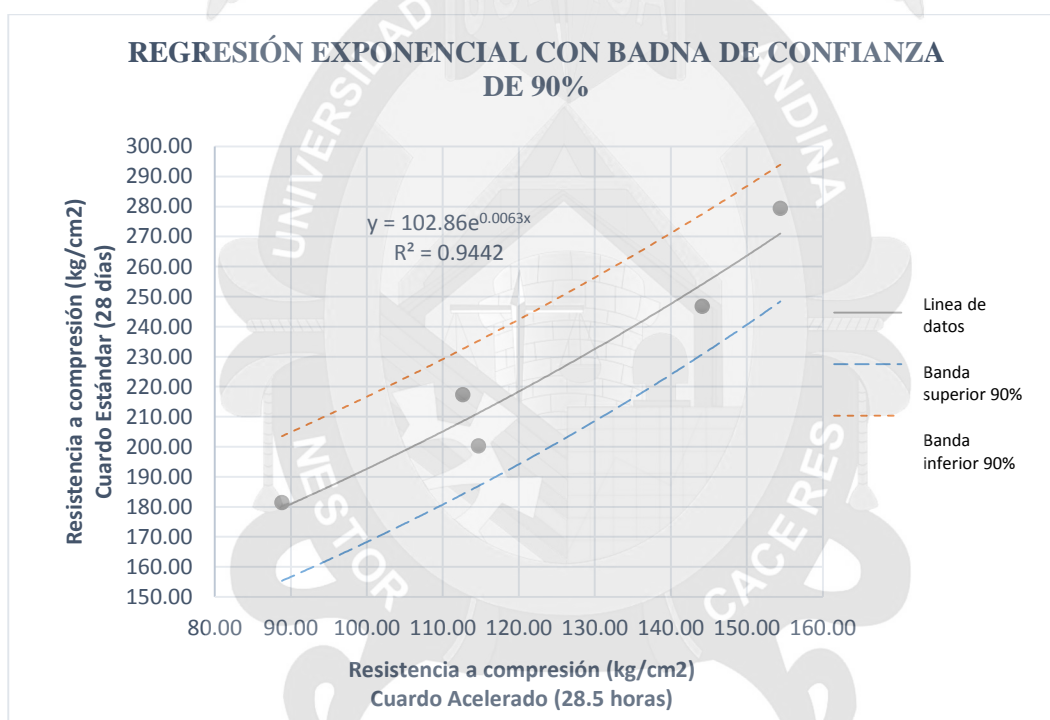


Figura 50. Mejor gráfica de regresión seleccionada para piedra chancada con límites de confianza de 90%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Aplicación de la ecuación y gráfica de predicción.

Se realizó la corroboración aplicando la mejor ecuación de regresión y la gráfica. Para corroborar la ecuación para concreto con canto rodado se usará los datos de la última fila de la **Tabla 32** y la **Tabla 33** para concreto con piedra chancada.

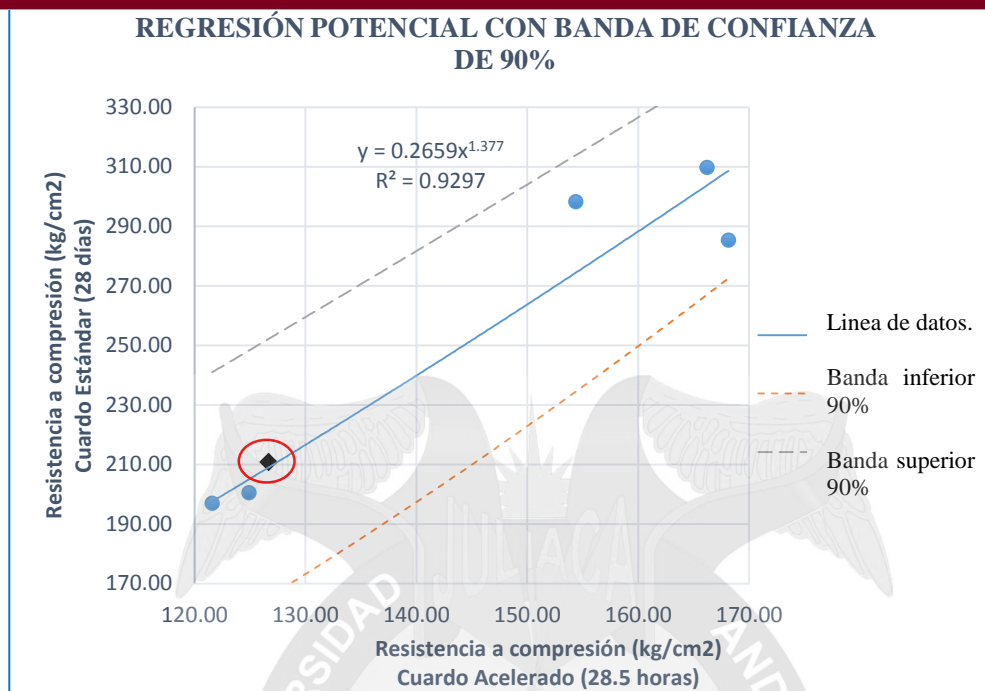


Figura 51. Corroboración de gráfica de regresión seleccionada para concreto con canto rodado con límites de confianza 90%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica anterior, usando el dato de la resistencia a la compresión acelerada de la última de la **Tabla 41**, el punto graficado se encuentra dentro de la banda de confianza, por lo tanto la ecuación de regresión logarítmica es aplicable.

Aplicamos la fórmula de ecuación de regresión:

$$Y = 0.2659 * X^{1.377}$$

Reemplazando:

$$Y = 0.2659 * (126.68)^{1.377}$$

$$Y = 209.00 \text{ Kg/cm}^2$$

El resultado obtenido en laboratorio fue 210.68 kg/cm², por lo tanto la aproximación del resultado es de 99.20%.

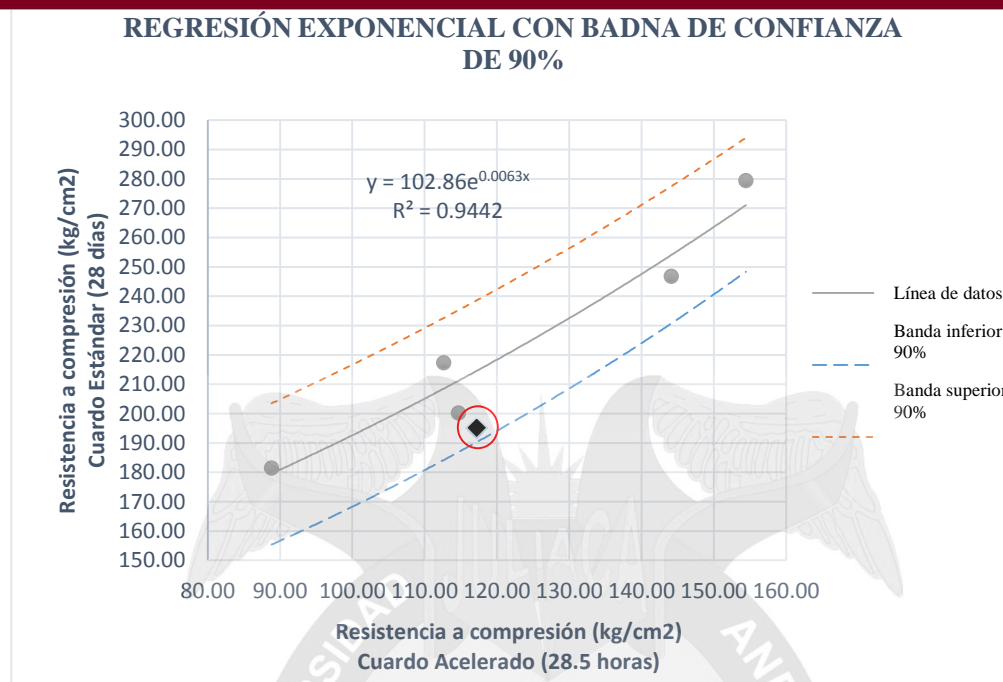


Figura 52. Corroboración de gráfica de regresión seleccionada para concreto con piedra chancada con límites de confianza 90%

Fuente: Elaboración propia.

Usando el dato de la resistencia a la compresión de la última fila de la **Tabla 42**, se observa que este una vez ubicada en el gráfico de regresión seleccionada para el concreto con piedra chancada, se ubica dentro de los límites de confianza.

Pero usando la fórmula de regresión exponencial seleccionada se obtiene:

$$Y = 102.86e^{0.0063x}$$

$$Y = 102.86e^{0.0063 (117.23)}$$

$$Y = 215.28 \text{ Kg/cm}^2$$

El resultado obtenido de curado estándar en laboratorio fue 202.62 kg/cm², por lo tanto el resultado obtenido aplicando la fórmula de regresión es 106.25% mayor al resultado logrado en laboratorio.

4.4 Contratación De Hipótesis

4.4.1 Contrastación de hipótesis general.

La evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico se acelera al sumergir en agua a temperatura de ebullición para diferentes relaciones agua-cemento.

En la hipótesis general planteada, se ha contrastado que es verdadera, ya que se ha experimentado que la evolución de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico se acelera al sumergir en agua a temperatura de ebullición durante 3 horas y 30 minutos, se ha experimentado la aceleración de la evolución del concreto hidráulico con diferentes relaciones agua-cemento.

4.4.2 Contrastación de las hipótesis específicas.

4.4.2.1 Contrastación de hipótesis específica 1.

La resistencia a la compresión de las probetas de concreto se obtiene a los 28.5 horas mediante el curado acelerado usando el agua hervida.

Hipótesis específica 1, se ha contrastado que es verdadera, ya que se ha comprobado que la resistencia a la compresión de las probetas de concreto se obtiene a los 28.5 horas mediante el curado acelerado usando el agua hervida.

4.4.2.2 Contrastación de hipótesis específica 2.

El coeficiente de correlación entre el curado acelerado y el curado estándar es de 0.95.

Hipótesis específica 2, se contrasta como verdadera, ya que los datos obtenidos de coeficiente de correlación entre el curado acelerado y el curado estándar, para el concreto con agregado natural (canto rodado) es de 0.93 y para el concreto con agregado artificial

(piedra chancada) es de 0.94. se observa que las correlaciones no difieren en un porcentaje mayor a 5% de la correlación planteada.

4.4.2.3 Contrastación de hipótesis específica 3.

La implementación del Tanque de Curado Acelerado, permite obtener resultados más eficientes para el curado acelerado de probetas de concretos usando el agua hervida.

Hipótesis específica 3, se determina como verdadera, porque la implementación del Tanque de Curado Acelerado, permite obtener resultados más eficientes para el curado acelerado de probetas de concretos usando el agua hervida, permitiendo desarrollar el curado acelerado del concreto de forma eficiente; además permite el control de la temperatura del agua y también disminuye el consumo de energía.

Capítulo V

Conclusiones Y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El método del agua hervida de la NTP 339.213 es idóneo para determinar la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en 28.5 horas, ya que su resistencia equivale a 28 días.
- La implementación del Tanque de Curado Acelerado se desarrolló de forma eficiente. El tanque de curado acelerado nos permite desarrollar el curado acelerado del concreto de forma eficaz; además nos permite el control de la temperatura del agua; asimismo disminuye el consumo de energía, ya que conserva la temperatura del agua hasta por 28 horas (debido al aislamiento térmico) y finalmente permite un curado uniforme de las probetas de concreto hidráulico, por la distribución y ubicación adecuada de las resistencias eléctricas, incorporadas en el tanque de curado acelerado.
- El porcentaje de aceleramiento de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico con canto rodado y piedra chancada, usando el curado acelerado, en relación al curado estándar, es de 58.08% para el canto rodado y en concreto con piedra chancada alcanza hasta 55.29%, en promedio.

- La resistencia a la compresión del concreto hidráulico usando el agregado artificial (piedra chanda), no siempre será mayor a la resistencia a la compresión del concreto hidráulico usando el agregado natural (canto rodado), cuando se use el Método de diseño de mezclas del ACI para ambos casos, porque el método de diseño del ACI no considera la angularidad del agregado usado.
- El porcentaje de desgaste para el canto rodado procedente de la cantera Isla, es de 22.49%; y para la piedra chancada procedente de la planta chancadora Surupana (Cabanillas) presenta un desgaste de 25.64%.
- La ecuación de regresión recomendada por la NTP 339.213, no siempre constituye la mejor ecuación para la predicción de la resistencia del concreto. En la presente investigación, para el caso del canto rodado, se determinó que la ecuación de regresión logarítmica ($Y = 0.2659 * X^{1.377}$), es la que da resultados proyectados que mejor se aproximan a los reales, hecho que se confirma por presentar un coeficiente de correlación de 0,9297, que más se aproxima a 1. Para la piedra chancada la ecuación de regresión con el mejor coeficiente de correlación de 0.9442, es la ecuación de regresión exponencial ($Y = 102.86e^{0.0063x}$). Sin embargo, puede optarse las formas de regresión lineal que es práctica y sencilla, tal como recomienda la NTP 339.213.

5.2 Recomendaciones

- Trabajar con una mayor cantidad de relaciones agua-cemento para determinar la ecuación de regresión, es recomendable trabajar con diez relaciones agua-cemento, mientras más puntos de dispersión más real será la línea de tendencia.
- Se recomienda el cambio de agua del tanque de curado acelerado, a la tercera reutilización, ya que al realizar el curado acelerado en el tanque de curado acelerado

usando el "método del agua hervida", el agua presenta cambio de color durante tres usos.

- Realizar pruebas de curado acelerado por el método del agua hervida, en briquetas de concreto hidráulico incorporados con aditivos u otros materiales que modifican la resistencia del concreto hidráulico.
- El método de diseño de mezclas recomendado para el concreto hidráulico con piedra chancada, es el método Füller, ya que este método considera la angularidad del agregado artificial.
- Comparar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto usando agregados procedentes de diferentes canteras de la ciudad de Juliaca, para observar las diferentes resistencias, aplicando el método de curado acelerado usando el agua hervida.

Bibliografía

- Alva Cáceres, R. A. (2013). *Experiencia de implementación en laboratorio de la Norma 339.213 para el curado acelerado de probetas de concreto mediante uso de agua hirviendo*. Piura, Perú.
- Andrade Pino, A. S., & Sono Sánchez, J. C. (2014). *Aplicación del ensayo de curado acelerado en cilindros de hormigón sometidos a compresión simple*. Quito, Ecuador.
- ASTM C 684. (2003). *Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens*.
- ASTM C-29. (1997). *Método Estándar de Ensayo para Densidad Total (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados*.
- Barriga, P. P. (2007). *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño (High Performance Concrete)*. Perú.
- Castillo, I. F. (s.f.). *Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: San Marcos.
- Copeland, L. E., Kantro, D. L., (1960). *Chemistry of Hydration of Portland Cement*. Skokie, Illinois.
- Foinquinos Mera, J. R. (1981). *Curvas de correlación del equipo de determinación acelerada de la resistencia a la compresión del concreto*. Lima, Perú.
- Guzman, D. S. (2001). *Tecnología del Concreto y Mortero*. Santa fe de Bogotá - Colombia: Bhandar Editores Ltda.
- Huanca, S. L. (Marzo de 2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno - Perú.
- Izzeddin, A. M. (2001). *How can you estimate 28 day compressive strength for concrete in 28 hours*. Izmir: Turkey.
- Jimenez Montoya P., Garcia Menseguer A. y Moran Cabre F. (2000). *Hormigón Armado* (Vol. 14 ed.). Barcelona: Gustavo Pili, SA.
- Leandro Espinoza, J. L. (2010). *Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia*. Lima, Perú.
- Lerch, W. (1946). *The influence of gypsum on the hydration and properties of Portland cement pastes*.

- López, E. R. (2007). *Diseño de Mezclas*. Lima.
- López, I. E. (2010). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: ICG.
- Malhotra, V. M. (s.f.). Accelerated strength testing: Is it a solution to a contractor's dilemma. *Concrete International: Design and construction*, 3(11), 17-21.
- Mera, J. R. (1981). *Curvas de Correlación del Equipo de Determinación Acelerada de la Resistencia a la Compresión del Concreto*. Lima - Perú.
- MTC E 207. (2000). *Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5 mm (1 1/2")*. Lima, Perú.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete 5th Edition*. London: British Libirry.
- Neville, A. M., Brooks, J. J. (1998). *Tecnología del Concreto*. México: Trillas S.A.
- NTP 339.033. (2009). *Práctica Normalizada para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Campo*. Lima, Perú.
- NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú.
- NTP 339.035. (2009). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto del cemento Portland*. Lima, Perú.
- NTP 339.213. (31 de Diciembre de 2015). *Método de Ensayo Normalizado para Elaboración, Curado Acelerado y Ensayo en Compresión de Especímenes de Concreto*. Lima, Perú.
- NTP 400.012. (17 de Junio de 2001). *Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global*. Lima, Perú.
- NTP 400.019. (30 de Enero de 2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. Lima, Perú.
- NTP 400.021. (16 de Mayo de 2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- NTP 400.022. (16 de Enero de 2014). *Método de ensayo normalizado para la densidad, peso específico y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.



NTF 400.037. (2014). *Especificaciones Normalizadas para agregados de*

Hormigón(Concreto). Lima, Perú.

Pasquel Carvajal, E. (2000). *Tópicos de Tecnología del Concreto*.

Rahhal V., F., Banavetti, R., & Talero, R. (2005). Hidratación Temprana de Cementos con Mediano y Alto Contenido de Adicionales Minerales Cristalinas. *Construcción Civil*, 13-24.

Rivera López, G. A. (1997). Concreto Simple. *Tecnología Concreto y Mortero*.

Rivera Villarreal, R. (1983). *Ensayos acelerados para determinar la resistencia potencial a la tensión por compresión diametral y el módulo de ruptura del concreto a los 28 días y aplicaciones*. Monterrey, México.

Standard Indian. (2008). *Method of Making, Curing and Determining Compressive Sthength of Accelerated-cured Concrete Test Specimens*. India.

Torre, T. J. (Octubre de 2014). *Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto*. Lima, Perú: Cartolan Editores SRL.

Velasco, M. E. (Julio-Agosto de 1974). El Desarrollo de Resistencia en el Concreto con Curado Acelerado. *IMCYC*, XII(69), 59-73.

Zabaleta G., H. (1992). Compendio de Tecnología del Hormigón. *Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón*. Santiago, Chile.



Anexos



Anexo A.

Formato De Operación Del Tanque De Curado Acelerado

**FORMATO DE OPERACIÓN Y CHECK LIST DEL TANQUE DE CURADO****ACCELERADO****NORMA NTP 339.213**

Responsable: _____

Fecha: _____

CHECK LIST**OBSERVACIONES**

| | | |
|-----------------------|--------------------------|-------|
| Controlador Eléctrico | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Sensor Eléctrico | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Resistencias | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Parrilla de soporte | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Tapa de tanque | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Tanque | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Cableado Eléctrico | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Nivel, Color de agua | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Sistema de drenaje | <input type="checkbox"/> | _____ |

OPERACIÓN

Método de aceleramiento:

☐ A☐ B

Número de probetas:

☐ 1☐ 2☐ 3**Hora inicio ensayo:** _____**Hora término ensayo:** _____Temperatura de operación: °C

Registro de temperaturas al interior del tanque de curado a lo largo del ensayo:

| |
|-------|
| _____ |
| _____ |
| _____ |

PROBETAS

Hora inicio de enfriamiento:

Hora final enfriamiento:

Diámetro promedio (cm):

| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|

Altura promedio (cm):

| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|

Peso (kg):

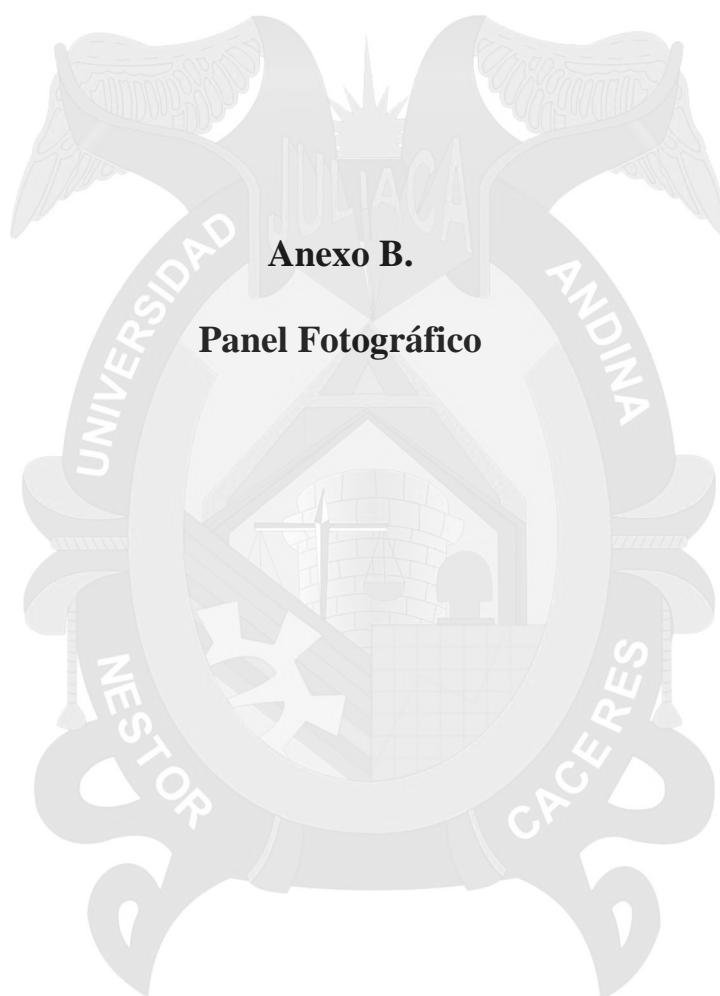
| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|

Resist. Compresión (kg/cm²):

| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|

Temperatura al ensayo (°C):

| | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|

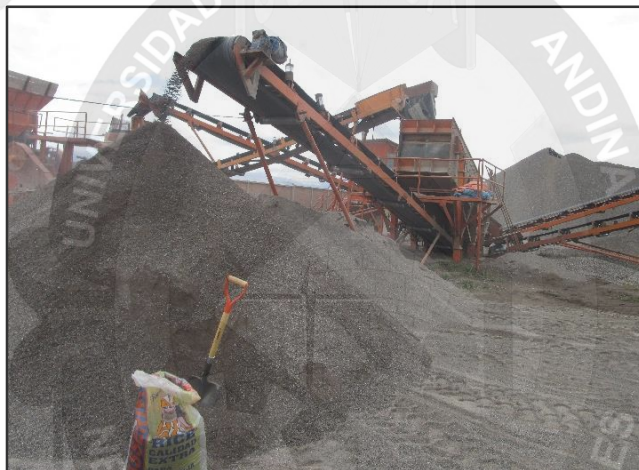


Anexo B.

Panel Fotográfico



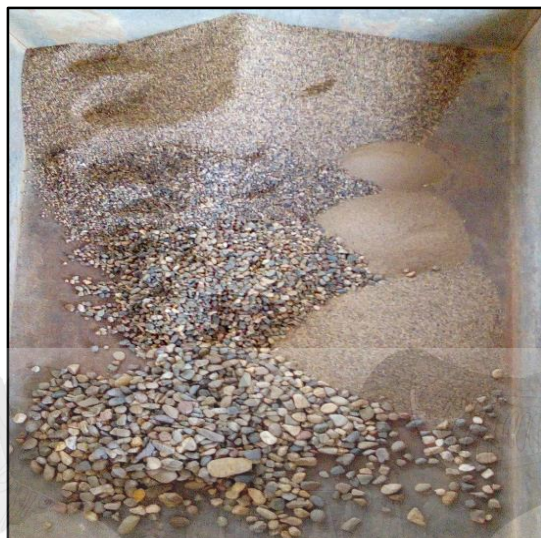
Fotografía 1. Toma de muestras de agregado natural, cantera Isla



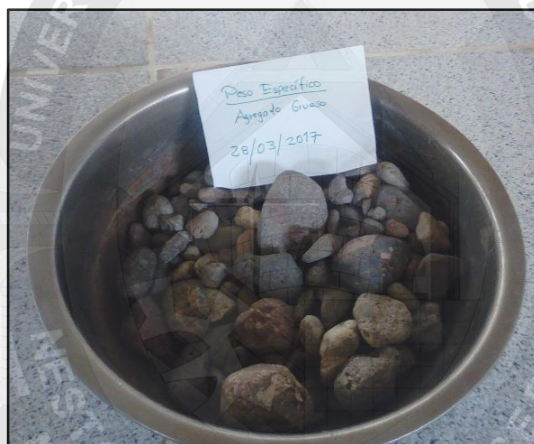
Fotografía 2. Toma de muestras de agregado artificial, Planta chancadora Surupana, Cabanillas



Fotografía 3. Ensayos de laboratorio, peso específico de agregado fino



Fotografía 4. Ensayos de laboratorio, granulometría de agregado fino



Fotografía 5. Ensayos de laboratorio, peso específico



Fotografía 6. Ensayos de laboratorio, peso unitario de agregado fino



Fotografía 7. Lavado de agregado grueso (piedra chancada), en la malla N° 4



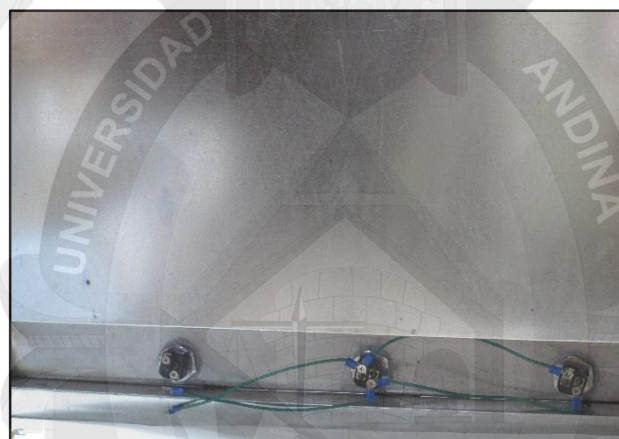
Fotografía 8. Secado de agregado grueso (piedra chancada), después del lavado



Fotografía 9. Secado de agregado fino



Fotografía 10. Proceso de fabricación del Tanque de Curado Acelerado



Fotografía 11. Cableado de las resistencias eléctricas de 2000 watts



Fotografía 12. Armado del panel de control del Tanque de Curado Acelerado



Fotografía 13. Soldado de Tanque de Curado Acelerado



Fotografía 14. Área de trabajo, moldeado de briquetas



Fotografía 15. Mezclado de agregado grueso, agregado fino y cemento



Fotografía 16. Control de asentamiento (Slum) del concreto hidráulico



Fotografía 17. Elaboración de briquetas



Fotografía 18. Fraguado de briquetas



Fotografía 19. Cuidado inicial de briquetas durante fraguado, evitar pérdida de humedad



Fotografía 20. Canastillas de alambre, protección de briquetas para curado acelerado



Fotografía 21. Briquetas y Tanque de Curado Acelerado, antes del curado acelerado



Fotografía 22. Control del nivel del agua después del curado acelerado



Fotografía 23. Evaporación del agua durante la extracción de briquetas



Fotografía 24. Evaporación del agua durante el desmoldado



Fotografía 25. Enfriado de briqueta



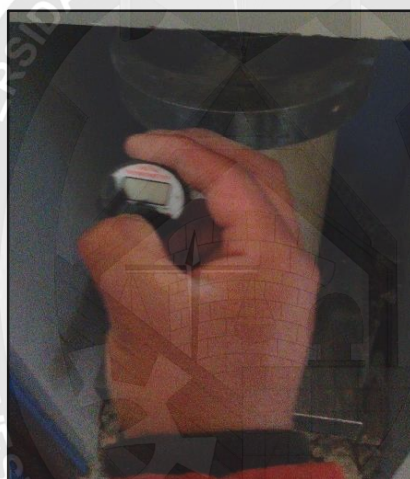
Fotografía 26. Etiquetado de briqueta



Fotografía 27. Curado estándar de briquetas en poza de curado



Fotografía 28. Toma de medidas de briqueta con bernier



Fotografía 29. Control de temperatura de briqueta, previo al ensayo de resistencia a la compresión



Fotografía 30. Ensayo de resistencia a la compresión con prensa hidráulica



Anexo C.

**Control de Calidad de Agregados, Diseño de Mezclas por el Método
ACI para concreto de 210 kg/cm² y Resistencia a la Compresión de
Briquetas**



Anexo C.1

Ensayos de Control de Calidad de Agregados



Anexo C.1.1

Ensayos de Control de Calidad de Canto Rodado



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"
SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE
CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)
LUGAR : ISLA - JULIACA
FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|--------------|
| 3/8" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | A -Peso de muestra secada al horno | 485.56 |
| N° 4 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B -Peso de muestra saturada seca (SSS) | 500.00 |
| N° 8 | 113.16 | 22.63 | 22.63 | 77.37 | Wc -Peso del picnómetro con agua | 1312.92 |
| N° 16 | 92.97 | 18.59 | 41.23 | 58.77 | W -Peso del Pic. + muestra + agua | 1617.09 |
| N° 30 | 100.10 | 20.02 | 61.25 | 38.75 | PESO ESPECÍFICO | |
| N° 50 | 129.15 | 25.83 | 87.08 | 12.92 | Wc+B = 1813 | Wc+B-W = 196 |
| N° 100 | 42.06 | 8.41 | 95.49 | 4.51 | Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ = | 2.55 gr/cm3 |
| N° 200 | 9.39 | 1.88 | 97.37 | 2.63 | ABSORCIÓN | |
| FONDO | 13.17 | 2.63 | 100.00 | 0.00 | B = 500.00 | B-A = 14.44 |
| SUMA | 500.00 | 100.00 | | | Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ = | 2.97 % |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico | | | | | | |
| Mf = MÓDULO DE FINEZA | | | | | 3.08 | |

PIEDRA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|--------------|
| 2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100 | A -Peso de muestra secada al horno | 783.64 |
| 1 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B -Peso de muestra saturada seca (SSS) | 800.00 |
| 1" | 278 | 7.94 | 7.94 | 92.06 | Wc -Peso del picnómetro con agua | 1312.92 |
| 3/4" | 522 | 14.91 | 22.86 | 77.14 | W -Peso del Pic. + muestra + agua | 1798.44 |
| 1/2" | 1048 | 29.94 | 52.80 | 47.20 | PESO ESPECÍFICO | |
| 3/8" | 554 | 15.83 | 68.63 | 31.37 | Wc+B = 2113 | Wc+B-W = 314 |
| 1/4" | | | | | Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$ = | 2.54 gr/cm3 |
| N° 4 | 1098 | 31.37 | 100.00 | 0.00 | ABSORCIÓN | |
| FONDO | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | B = 800.00 | B-A = 16.36 |
| SUMA | 3500.00 | 100.00 | | | Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$ = | 2.09 % |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico | | | | | | |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

OBRA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

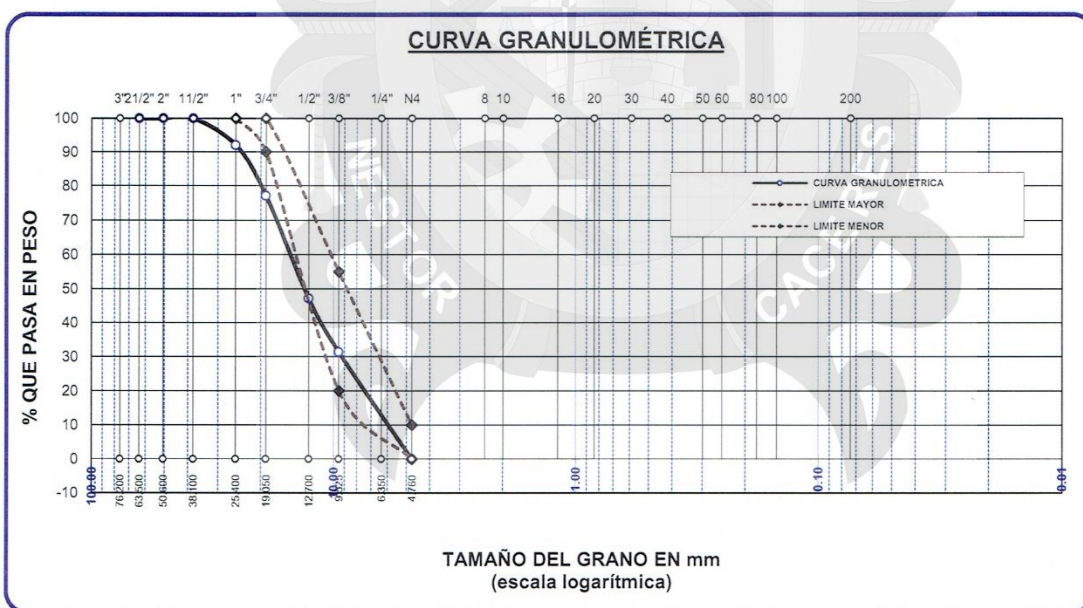
SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANtera : ISLA (CANTO RODADO)

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. = 1" OBSERVACIONES: |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1" | 25.400 | 278.00 | 7.94 | 7.94 | 92.06 | 100 % | |
| 3/4" | 19.050 | 522.00 | 14.91 | 22.86 | 77.14 | 90 - 100 % | |
| 1/2" | 12.700 | 1048.00 | 29.94 | 52.80 | 47.20 | | |
| 3/8" | 9.525 | 554.00 | 15.83 | 68.63 | 31.37 | 20 - 55 % | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.760 | 1098.00 | 31.37 | 100.00 | 0.00 | 0 - 10 % | |
| BASE | | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 | | |
| TOTAL | | 3500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 0.00 | | | | | |



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

OBRA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

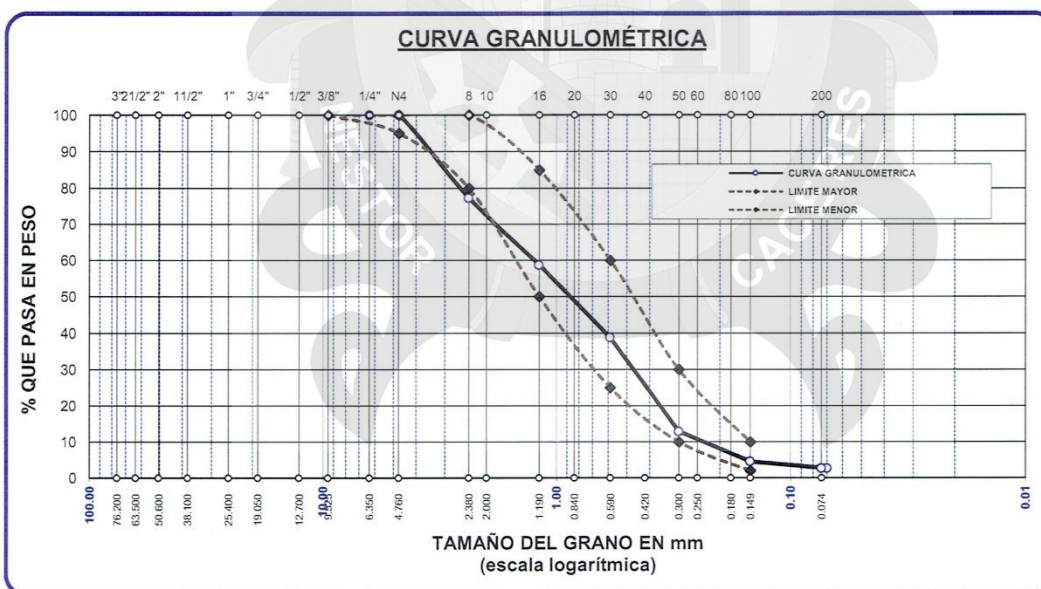
SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | % RETENIDO | %RET. ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|-----------------|----------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|------------|---|
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100% | Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 3.08 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| No4 | 4.760 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 95 - 100 % | |
| No8 | 2.380 | 113.16 | 22.63 | 22.63 | 77.37 | 80 - 100 % | |
| No10 | 2.000 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No16 | 1.190 | 92.97 | 18.59 | 41.23 | 58.77 | 50 - 85 % | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | 100.10 | 20.02 | 61.25 | 38.75 | 25 - 60 % | |
| No40 | 0.420 | | | | | | |
| No 50 | 0.300 | 129.15 | 25.83 | 87.08 | 12.92 | 10 - 30 % | |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | 42.06 | 8.41 | 95.49 | 4.51 | 2-10% | |
| No200 | 0.074 | 9.39 | 1.88 | 97.37 | 2.63 | | |
| BASE | | 13.17 | 2.63 | 100 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | 2.63 | | | | |



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - EICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PESOS UNITARIOS**

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (CANTO RODADO)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 7981 gr | 7981 gr | 7981 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 12852.00 gr | 12822.00 gr | 12851.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 4871.00 gr | 4841.00 gr | 4870.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.511 gr/cm ³ | 1.502 gr/cm ³ | 1.511 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.508 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (CANTO RODADO)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 7981 gr | 7981 gr | 7981 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ | 3224 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 13198.00 gr | 13210.00 gr | 13259.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 5217.00 gr | 5229.00 gr | 5278.00 gr |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.618 gr/cm ³ | 1.622 gr/cm ³ | 1.637 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.626 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES:

* LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER.

UANCV - EICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
REFATURADO

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 5968 gr | 5968 gr | 5968 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 9380.00 gr | 9399.00 gr | 9392.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 3412.00 gr | 3431.00 gr | 3424.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.608 gr/cm ³ | 1.617 gr/cm ³ | 1.613 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.612 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 5968 gr | 5968 gr | 5968 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ | 2122 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 9616.00 gr | 9613.00 gr | 9607.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 3648.00 gr | 3645.00 gr | 3639.00 gr |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.719 gr/cm ³ | 1.717 gr/cm ³ | 1.715 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.717 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES:

* LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER.

UANCV - E.P.
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
FEBRERO 2017

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ÁNGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACION) T - 26

OBRA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)

UBICACIÓN : ISLA - JULIACA

FECHA : 24 DE AGOSTO DEL 2017

TIPO DE AGREGADO:

FINO:

☐

GRUESO:

☒

OTROS:

☐

MUESTRA OBTENIDA POR:

CUARTEO:

☒

DIVISOR DE MUESTRAS:

☐

NUMERO DE REVOLUCIONES:

500

☒

1000

☐

CARGA ABRASIVA:

12 ESFERAS

PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:

Wi = 4999.55 gr.

PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL
CEDAZO N° 12:

Wf = 3875 gr.

PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL
CEDAZO N° 12:

= 1124.6 gr.

PORCENTAJE DE PÉRDIDA:

De =

$$\frac{Wi - Wf}{Wi} \times 100$$

De =

22.49 %

OBSERVACIONES:

* GRADACIÓN : "A", 1 1/2" - 1" : 1248 gr. , 1" - 3/4" : 1251 gr. , 3/4" - 1/2" : 1250 gr. , 1/2" - 3/8" : 1251 gr.

* TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE : 77.51 % Y PÉRDIDA DE : 22.49 %

* NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26, ASTM -C-131

* LA MUESTRA FUE ENSAYADA POR EL BACHILLER.



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 109700



Anexo C.1.2

Ensayos de Control de Calidad de Piedra Chancada



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"
SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE
CANTERA : ISLA - ARENA
: CABANILLAS - PIEDRA CHANCADA
LUGAR : ISLA - JULIACA
FECHA : 24 DE MAYO DEL 2017

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|--------------------------------------|---------------|
| 3/8" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | A | -Peso de muestra secada al horno | 485.98 |
| N° 4 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B | -Peso de muestra saturada seca (SSS) | 500.00 |
| | | | | | Wc | -Peso del picnómetro con agua | 1316.00 |
| N° 8 | 65.72 | 13.14 | 13.14 | 86.86 | W | -Peso del Pic. + muestra + agua | 1618.82 |
| N° 16 | 86.41 | 17.28 | 30.43 | 69.57 | <u>PESO ESPECÍFICO</u> | | |
| N° 30 | 159.66 | 31.93 | 62.36 | 37.64 | Wc+B = | 1816 | Wc+B-W = 197 |
| N° 50 | 131.86 | 26.37 | 88.73 | 11.27 | Pe = | B | = 2.54 gr/cm3 |
| | | | | | | Wc+ B - W | |
| N° 100 | 36.02 | 7.20 | 95.93 | 4.07 | <u>ABSORCIÓN</u> | | |
| N° 200 | 7.92 | 1.58 | 97.52 | 2.48 | B = | 500.00 | B-A = 14.02 |
| FONDO | 12.41 | 2.48 | 100.00 | 0.00 | Abs = | (B-A) X 100 | = 2.88 % |
| | | | | | | A | |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico | | | | | | | |
| Mf = MÓDULO DE FINEZA | | | | | 2.91 | | |

PIEDRA

| Malla | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro | |
|--|---------------|------------|------------------|--------|---|---|
| 2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100 | A | -Peso de muestra secada al horno 782.15 |
| 1 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B | -Peso de muestra saturada seca (SSS) 800.00 |
| 1" | 53 | 1.51 | 1.51 | 98.49 | Wc | -Peso del picnómetro con agua 1316.00 |
| 3/4" | 490 | 14.00 | 15.51 | 84.49 | W | -Peso del Pic. + muestra + agua 1800.36 |
| 1/2" | 1047 | 29.91 | 45.43 | 54.57 | PESO ESPECÍFICO | |
| 3/8" | 645 | 18.43 | 63.86 | 36.14 | Wc+B = | 2116 Wc+B-W = 316 |
| 1/4" | | | | | Pe = | $\frac{B}{Wc+B-W} = 2.53 \text{ gr/cm3}$ |
| N° 4 | 1265 | 36.14 | 100.00 | 0.00 | ABSORCIÓN | |
| FONDO | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | B = | 800.00 B-A = 17.85 |
| SUMA | 3500.00 | 100.00 | | | Abs = | $\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.28 \%$ |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico | | | | | | |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCY - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33)

OBRA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

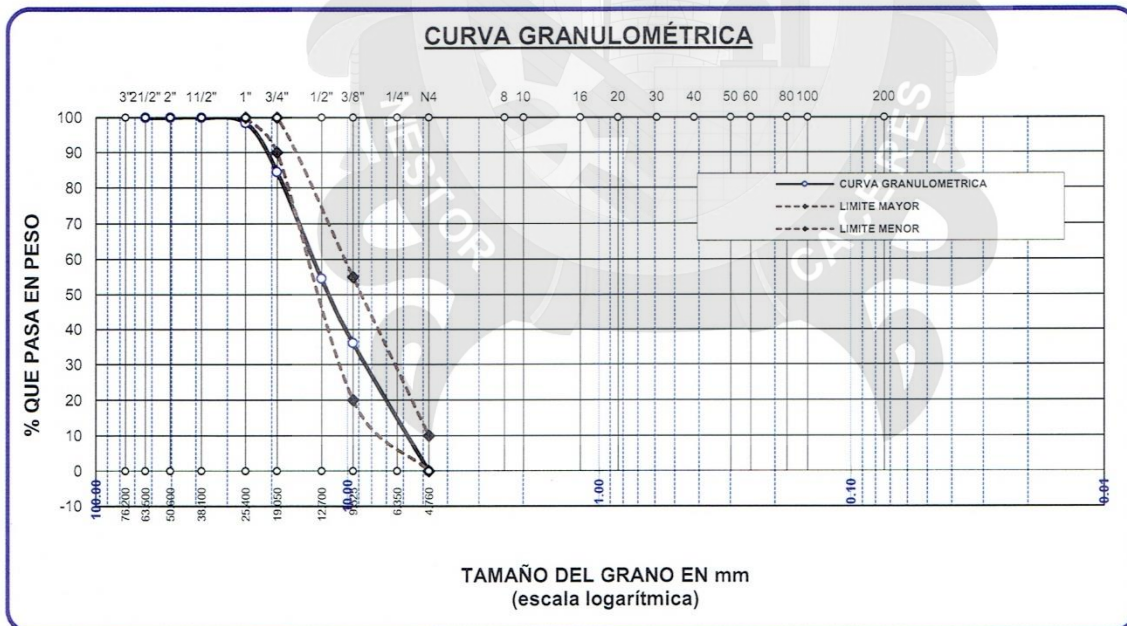
SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : CABANILLAS - PIEDRA CHANCADA

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2017

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | | Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. = 1" OBSERVACIONES: |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1" | 25.400 | 53.00 | 1.51 | 1.51 | 98.49 | 100 % | |
| 3/4" | 19.050 | 490.00 | 14.00 | 15.51 | 84.49 | 90 - 100 % | |
| 1/2" | 12.700 | 1047.00 | 29.91 | 45.43 | 54.57 | | |
| 3/8" | 9.525 | 645.00 | 18.43 | 63.86 | 36.14 | 20 - 55 % | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.760 | 1265.00 | 36.14 | 100.00 | 0.00 | 0 - 10 % | |
| BASE | | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.0 | | |
| TOTAL | | 3500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 0.00 | | | | | |



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - PISA
 LAP INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Roxana Barrantes Quiroz
 CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANtera : CABANILLAS - PIEDRA CHANCADA

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2017

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (PIEDRA CHANCADA)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 7229 gr | 7229 gr | 7229 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 11514.00 gr | 11559.00 gr | 11535.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 4285.00 gr | 4330.00 gr | 4306.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.322 gr/cm ³ | 1.336 gr/cm ³ | 1.328 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.328 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (PIEDRA CHANCADA)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 7229 gr | 7229 gr | 7229 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ | 3242 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 11920.00 gr | 11894.00 gr | 11915.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 4691.00 gr | 4665.00 gr | 4686.00 gr |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.447 gr/cm ³ | 1.439 gr/cm ³ | 1.445 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.444 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES:

* LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER.

UANCV - EICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
DEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108709



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA - ARENA

LUGAR : ISLA - JULIACA

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2017

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 6271 gr | 6271 gr | 6271 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE | CAIDA LIBRE |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA | 9599.00 gr | 9619.00 gr | 9637.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA | 3328.00 gr | 3348.00 gr | 3366.00 gr |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.574 gr/cm ³ | 1.584 gr/cm ³ | 1.592 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.584 gr/cm ³ | | |

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE | 6271 gr | 6271 gr | 6271 gr |
| VOLUMEN DEL MOLDE | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ | 2114 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | 3 | 3 | 3 |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 25 | 25 | 25 |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 9789.00 gr | 9827.00 gr | 9794.00 gr |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA | 3518.00 gr | 3556.00 gr | 3523.00 gr |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.664 gr/cm ³ | 1.682 gr/cm ³ | 1.667 gr/cm ³ |
| PROMEDIO | 1.671 gr/cm ³ | | |

OBSERVACIONES:

* LOS ENSAYOS FUERON REALIZADOS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
FELATURA

Roxana Barrantes Quiroz
CIP 100760



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ÁNGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACION) T - 26

OBRA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANtera : CABANILLAS (PIEDRA CHANCADA)

UBICACIÓN : CABANILLAS - JULIACA

FECHA : 24 DE AGOSTO DEL 2017

TIPO DE AGREGADO:

FINO:

☐

GRUESO:

☒

OTROS:

☐

MUESTRA OBTENIDA POR:

CUARTEO:

☒

DIVISOR DE MUESTRAS:

☐

NUMERO DE REVOLUCIONES:

500

☒

1000

☐

CARGA ABRASIVA:

12 ESFERAS

PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:

$W_i = 4995.85$ gr.

PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL
CEDAZO N° 12:

$W_f = 3715$ gr.

PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL
CEDAZO N° 12:

$= 1280.9$ gr.

PORCENTAJE DE PÉRDIDA:

$De =$

$$\frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

$De =$

25.64 %

OBSERVACIONES:

* GRADACIÓN : "A", 1 1/2" - 1" : 1245 gr. , 1" - 3/4" : 1250 gr. , 3/4" - 1/2" : 1249 gr. , 1/2" - 3/8" : 1251 gr.

* TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE : 74.36 % Y PÉRDIDA DE : 25.64 %

* NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26. ASTM -C-131

* LA MUESTRA FUE ENSAYADA POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 105700



Anexo C.2

Diseño de Mezclas por el Método ACI



Anexo C.2.1

Diseño de Mezclas por el Método ACI para Concreto de 210 kg/cm² con Canto Rodado



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$**

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA (CANTO RODADO)

UBICACIÓN : ISLA - JULIACA

FECHA : 20 DE ABRIL DEL 2017

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4"$ (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | AGREGADO GRUESO (GRAVA) | AGREGADO FINO (ARENA) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P.e de Sólidos | | |
| P.e SSS | 2.54 | 2.55 |
| P.e Bulk | | |
| P.U. Varillado | 1626 | 1717 |
| P.U. Suelto | 1508 | 1612 |
| % de Absorción | 2.09 | 2.97 |
| % de Humedad Natural | 3.83 | 5.58 |
| Modulo de Fineza | - | 3.08 |

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1, El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- 2, Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nomin: $3/4"$ (19.05mm)
- 3, Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m^3
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0%
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.56) = 366 \text{ Kg/m}^3$$





- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.08 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1626 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.592 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5923) * (1626) = 963 \text{ Kg/m}^3$$

- 8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (366) / (2.88 * 1000) = 0.127 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (963) / (2.54 * 1000) = 0.379 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.731 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.731) = 0.269 \text{ m}^3$$

$$(0.269) * (2.55) * 1000 = 688 \text{ Kg/m}^3$$

- 9, De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo } (963) * (1.038282) = 1000 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (688) * (1.0558) = 726 \text{ Kg.}$$

- 10, El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 963 * \left(\frac{3.83 - 2.09}{100} \right) - 688 \left(\frac{5.58 - 2.97}{100} \right) = 170$$

DOSIFICACIÓN

| AGREGADO | DOSIFICACIÓN EN PESO SECO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN | DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | (Kg/m ³) | PESO SECO | (Kg/m ³) | PESO HÚMEDO |
| Cemento | 366 | 1.00 | 366 | 1.00 |
| Agua | 205 | 0.56 | 170 | 0.47 |
| Agreg. Grueso | 963 | 2.63 | 1000 | 2.73 |
| Agreg. Fino | 688 | 1.88 | 726 | 1.98 |
| Aire | 2.0 % | | 2.0 % | |

8.61 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

| | | |
|------------------------|---|------------|
| Cemento | : | 42.50 Kg. |
| Agregado fino húmedo | : | 84.29 Kg. |
| Agregado grueso húmedo | : | 116.08 Kg. |
| Agua efectiva | : | 19.77 Kg. |



UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 403700



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

| | |
|-----------------------|-----------------|
| 1.0 Bolsa de Cemento: | Redondeo |
| - 1.85 p3 de Arena | 1.8 p3 de Arena |
| - 2.72 p3 de Grava | 2.7 p3 de Grava |
| - 20 Lt de Agua | 20 Lt de Agua |

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - PUNO
CAP. INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Churoz
CIP. 108700



Anexo C.2.2

Diseño de Mezclas por el Método ACI para Concreto de 210 kg/cm² con Piedra Chancada



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$**

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

CANTERA : ISLA - ARENA
: CABANILLAS - PIEDRA CHANCADA

UBICACIÓN : ISLA - JULIACA

FECHA : 24 DE MAYO DEL 2017

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4"$ (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | AGREGADO GRUESO (GRAVA) | AGREGADO FINO (ARENA) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P.e de Sólidos | | |
| P.e SSS | 2.53 | 2.54 |
| P.e Bulk | | |
| P.U. Varillado | 1444 | 1671 |
| P.U. Suelto | 1328 | 1584 |
| % de Absorción | 2.28 | 2.88 |
| % de Humedad Natural | 1.56 | 3.10 |
| Modulo de Fineza | - | 2.91 |

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1, El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- 2, Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nomin: $3/4"$ (19.05mm)
- 3, Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m^3
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0%
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.56) = 366 \text{ Kg/m}^3$$





- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.91 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1444 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.609 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.6094) * (1444) = 880 \text{ Kg/m}^3$$

- 8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (366) / (2.88 * 1000) = 0.127 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (880) / (2.53 * 1000) = 0.347 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.699 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.699) = 0.301 \text{ m}^3$$

$$(0.301) * (2.54) * 1000 = 763 \text{ Kg/m}^3$$

- 9, De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidos los pesos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (880) * (1.015573) = 894 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (763) * (1.0310) = 786 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

- 10, El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 880 * \left(\frac{1.56 - 2.28}{100} \right) - 763 * \left(\frac{3.10 - 2.88}{100} \right) = 210$$

DOSIFICACIÓN

| AGREGADO | DOSIFICACIÓN EN PESO SECO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN | DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | (Kg/m ³) | PESO SECO | (Kg/m ³) | PESO HÚMEDO |
| Cemento | 366 | 1.00 | 366 | 1.00 |
| Agua | 205 | 0.56 | 210 | 0.57 |
| Agreg. Grueso | 880 | 2.40 | 894 | 2.44 |
| Agreg. Fino | 763 | 2.08 | 786 | 2.15 |
| Aire | 2.0 % | | 2.0 % | |

8.61 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

| | | |
|------------------------|---|------------|
| Cemento | : | 42.50 Kg. |
| Agregado fino húmedo | : | 91.28 Kg. |
| Agregado grueso húmedo | : | 103.74 Kg. |
| Agua efectiva | : | 24.35 Kg. |

UANCV - FICP
CAP. INGENIERIA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP-108700



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| - 2.04 p3 de Arena | 2.0 p3 de Arena |
| - 2.76 p3 de Piedra chancada | 2.8 p3 de Piedra chancada |
| - 24 Lt de Agua | 24 Lt de Agua |

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debiera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FIGP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 106700



Anexo C.3

Resistencia a la Compresión



Anexo C.3.1

Resistencia a la Compresión de Concreto con Canto Rodado



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 05 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DÍAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.63 | 21230.00 | 14.85 | 173.2 | 122.58 | 173.75 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 70.55% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.79 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.63 | 20720.00 | 14.79 | 171.8 | 120.61 | 173.75 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 69.41% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.86 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.63 | 19170.00 | 14.86 | 173.43 | 110.53 | 173.75 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 63.62% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 01 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.63 | 31430.00 | 14.85 | 173.2 | 181.47 | 173.75 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 104.44% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.63 | 33930.00 | 14.85 | 173.2 | 195.90 | 173.75 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 112.75% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.86 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.63 | 34350.00 | 14.86 | 173.43 | 198.06 | 173.75 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 113.99% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - EICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 28 DE ABRIL DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.96 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.53 | 30370.00 | 14.96 | 175.77 | 172.78 | 230.29 | 27/04/2017 | 28/04/2017 | 1 | 75.03% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.53 | 28430.00 | 14.88 | 173.9 | 163.48 | 230.29 | 27/04/2017 | 28/04/2017 | 1 | 70.99% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.53 | 22940.00 | 14.90 | 174.37 | 131.56 | 230.29 | 27/04/2017 | 28/04/2017 | 1 | 57.13% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 25 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.53 | 50110.00 | 14.85 | 173.2 | 289.32 | 230.29 | 27/04/2017 | 25/05/2017 | 28 | 125.63% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.53 | 48980.00 | 14.89 | 174.13 | 281.28 | 230.29 | 27/04/2017 | 25/05/2017 | 28 | 122.14% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.53 | 31640.00 | 14.88 | 173.9 | 181.94 | 230.29 | 27/04/2017 | 25/05/2017 | 28 | 79.01% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S. - C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 26 DE ABRIL DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.58 | 19140.00 | 14.92 | 174.83 | 109.48 | 208.57 | 25/04/2017 | 26/04/2017 | 1 | 52.49% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.58 | 21580.00 | 14.88 | 173.9 | 124.09 | 208.57 | 25/04/2017 | 26/04/2017 | 1 | 59.50% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.58 | 21920.00 | 14.90 | 174.37 | 125.71 | 208.57 | 25/04/2017 | 26/04/2017 | 1 | 60.27% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 23 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.94 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.58 | 35970.00 | 14.94 | 175.3 | 205.19 | 208.57 | 25/04/2017 | 23/05/2017 | 28 | 98.38% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.84 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.58 | 33810.00 | 14.84 | 172.96 | 195.48 | 208.57 | 25/04/2017 | 23/05/2017 | 28 | 93.72% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.58 | 34990.00 | 14.89 | 174.13 | 200.94 | 208.57 | 25/04/2017 | 23/05/2017 | 28 | 96.34% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C. A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 04 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DÍAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.91 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.48 | 26440.00 | 14.91 | 174.6 | 151.43 | 266 | 03/05/2017 | 04/05/2017 | 1 | 56.93% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.48 | 26820.00 | 14.97 | 176.01 | 152.38 | 266 | 03/05/2017 | 04/05/2017 | 1 | 57.28% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.48 | 27850.00 | 14.92 | 174.83 | 159.30 | 266 | 03/05/2017 | 04/05/2017 | 1 | 59.89% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
REFUTURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 31 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.84 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.48 | 51760.00 | 14.84 | 172.96 | 299.26 | 266 | 03/05/2017 | 31/05/2017 | 28 | 112.50% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.79 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.48 | 44550.00 | 14.79 | 171.8 | 259.31 | 266 | 03/05/2017 | 31/05/2017 | 28 | 97.49% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.48 | 51690.00 | 14.88 | 173.9 | 297.24 | 266 | 03/05/2017 | 31/05/2017 | 28 | 111.74% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 05 DE MAYO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.43 | 25210.00 | 14.88 | 173.9 | 144.97 | 316 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 45.88% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.43 | 29560.00 | 14.89 | 174.13 | 169.76 | 316 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 53.72% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.86 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.43 | 28210.00 | 14.86 | 173.43 | 162.66 | 316 | 04/05/2017 | 05/05/2017 | 1 | 51.47% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
FECATURA
JULIACA - JUNIATA

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 01 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.83 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.43 | 59870.00 | 14.83 | 172.73 | 346.61 | 316 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 109.69% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.63 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.43 | 52070.00 | 14.63 | 168.1 | 309.76 | 316 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 98.02% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.43 | 42500.00 | 14.85 | 173.2 | 245.38 | 316 | 04/05/2017 | 01/06/2017 | 28 | 77.65% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIR. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 15 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.56 | 22810.00 | 15.02 | 177.19 | 128.73 | 210 | 14/06/2017 | 15/06/2017 | 1 | 61.30% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.80 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.56 | 20990.00 | 14.80 | 172.03 | 122.01 | 210 | 14/06/2017 | 15/06/2017 | 1 | 58.10% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.56 | 21880.00 | 15.01 | 176.95 | 123.65 | 210 | 14/06/2017 | 15/06/2017 | 1 | 58.88% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
E.F.A.T.U.R.A.
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 12 DE JULIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.12 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 1 RELACIÓN A/C = 0.56 | 40090.00 | 15.12 | 179.55 | 223.28 | 210 | 14/06/2017 | 12/07/2017 | 28 | 106.32% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.91 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 2 RELACIÓN A/C = 0.56 | 33903.00 | 14.91 | 174.6 | 194.18 | 210 | 14/06/2017 | 12/07/2017 | 28 | 92.46% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.82 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, CANTO RODADO B - 3 RELACIÓN A/C = 0.56 | 36360.00 | 14.82 | 172.5 | 210.78 | 210 | 14/06/2017 | 12/07/2017 | 28 | 100.37% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - RICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



Anexo C.3.2

Resistencia a la Compresión de Concreto con Piedra Chancada



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.80 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.63 | 15450.00 | 14.80 | 172.03 | 89.81 | 173.75 | 01/06/2017 | 02/06/2017 | 1 | 51.69% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.81 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.63 | 17480.00 | 14.81 | 172.27 | 101.47 | 173.75 | 01/06/2017 | 02/06/2017 | 1 | 58.40% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.63 | 15280.00 | 14.88 | 173.9 | 87.87 | 173.75 | 01/06/2017 | 02/06/2017 | 1 | 50.57% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FIOP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 30 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.82 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.63 | 30700.00 | 14.82 | 172.5 | 177.97 | 173.75 | 02/06/2017 | 30/06/2017 | 28 | 102.43% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.93 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.63 | 32390.00 | 14.93 | 175.07 | 185.01 | 173.75 | 02/06/2017 | 30/06/2017 | 28 | 106.48% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.86 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.63 | 33900.00 | 14.86 | 173.43 | 195.47 | 173.75 | 02/06/2017 | 30/06/2017 | 28 | 112.50% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP: 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 07 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.95 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.58 | 19970.00 | 14.95 | 175.54 | 113.76 | 208.57 | 06/06/2017 | 07/06/2017 | 1 | 54.54% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.58 | 19300.00 | 14.85 | 173.2 | 111.43 | 208.57 | 06/06/2017 | 07/06/2017 | 1 | 53.43% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.87 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.58 | 20650.00 | 14.87 | 173.66 | 118.91 | 208.57 | 06/06/2017 | 07/06/2017 | 1 | 57.01% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
EFAYORA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 04 DE JULIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.81 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.58 | 28290.00 | 14.81 | 172.27 | 164.22 | 208.57 | 06/06/2017 | 04/07/2017 | 28 | 78.74% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.81 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.58 | 33940.00 | 14.81 | 172.27 | 197.02 | 208.57 | 06/06/2017 | 04/07/2017 | 28 | 94.46% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.93 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.58 | 35630.00 | 14.93 | 175.07 | 203.52 | 208.57 | 06/06/2017 | 04/07/2017 | 28 | 97.58% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 06 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.53 | 19510.00 | 14.85 | 173.2 | 112.64 | 230.29 | 05/06/2017 | 06/06/2017 | 1 | 48.91% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.53 | 17960.00 | 14.89 | 174.13 | 103.14 | 230.29 | 05/06/2017 | 06/06/2017 | 1 | 44.79% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.91 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.53 | 24620.00 | 14.91 | 174.6 | 141.01 | 230.29 | 05/06/2017 | 06/06/2017 | 1 | 61.23% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
DEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 109700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DÍAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.87 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.53 | 33360.00 | 14.87 | 173.66 | 192.10 | 230.29 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 83.42% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.53 | 38360.00 | 14.89 | 174.13 | 220.30 | 230.29 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 95.66% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.53 | 37390.00 | 14.90 | 174.37 | 214.43 | 230.29 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 93.11% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 08 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.12 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.48 | 30170.00 | 15.12 | 179.55 | 168.03 | 266 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 63.17% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.78 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.48 | 20480.00 | 14.78 | 171.57 | 119.37 | 266 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 44.88% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.70 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.48 | 24460.00 | 14.70 | 169.72 | 144.12 | 266 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 54.18% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.



UANCV - FICP
OAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barraples Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DÍAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.81 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.48 | 41740.00 | 14.81 | 172.27 | 242.29 | 266 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 91.09% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.48 | 43810.00 | 14.90 | 174.37 | 251.25 | 266 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 94.45% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ESTÁNDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.48 | 39940.00 | 14.88 | 173.9 | 229.67 | 266 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 86.34% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 08 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|--|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.43 | 27700.00 | 14.85 | 173.2 | 159.93 | 316 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 50.61% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.78 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.43 | 25550.00 | 14.78 | 171.57 | 148.92 | 316 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 47.13% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.80 x 30.0 cm CURADO ACELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.43 | 31070.00 | 14.80 | 172.03 | 180.61 | 316 | 07/06/2017 | 08/06/2017 | 1 | 57.15% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFAURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP 103700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.81 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.43 | 47390.00 | 14.81 | 172.27 | 275.09 | 316 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 87.05% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.75 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.43 | 48490.00 | 14.75 | 170.87 | 283.78 | 316 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 89.80% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.43 | 44010.00 | 14.85 | 173.2 | 254.10 | 316 | 07/06/2017 | 05/07/2017 | 28 | 80.41% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 108700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 14 DE JUNIO DEL 2017

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.56 | 17310.00 | 15.05 | 177.89 | 97.31 | 210 | 13/06/2017 | 14/06/2017 | 1 | 46.34% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.56 | 21390.00 | 15.01 | 176.95 | 120.88 | 210 | 13/06/2017 | 14/06/2017 | 1 | 57.56% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm CURADO ACCELERADO, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.56 | 19670.00 | 14.85 | 173.2 | 113.57 | 210 | 13/06/2017 | 14/06/2017 | 1 | 54.08% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 106700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034

TEMA : "ACELERACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN DIFERENTES RELACIONES
AGUA - CEMENTO CON EMPLEO DE AGUA EN EBULLICIÓN"

SOLICITANTE : BACHILLER DAVID QUISPE PAYE

LUGAR : UANCV - JULIACA

FECHA : 11 DE JULIO DEL 2017

| N° | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | CARGA | Ø | AREA | ESF. ROTURA | F'C | FECHA | FECHA | EDAD | % |
|----|---|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|---------|
| | | Kg | cm | cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | VACIADO | ROTURA | DIAS | |
| 1 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.84 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 1 RELACIÓN A/C = 0.56 | 34390.00 | 14.84 | 172.96 | 198.83 | 210 | 13/06/2017 | 11/07/2017 | 28 | 94.68% |
| 2 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 2 RELACIÓN A/C = 0.56 | 37900.00 | 14.90 | 174.37 | 217.35 | 210 | 13/06/2017 | 11/07/2017 | 28 | 103.50% |
| 3 | BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm CURADO ESTANDAR, PIEDRA CHANCADA B - 3 RELACIÓN A/C = 0.56 | 33330.00 | 14.88 | 173.9 | 191.66 | 210 | 13/06/2017 | 11/07/2017 | 28 | 91.27% |

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Ing. Roxana Barrantes Quiroz
CIP. 105700